

**LIZANDRA MARTINEZ LEZCANO**

**ANÁLISE DO EFEITO DO RISCO DE CHEIA NO VALOR DE  
IMÓVEIS PELO MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental – Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Heinz Dieter O. A. Fill

CURITIBA

2004

# **ANÁLISE DO EFEITO DO RISCO DE CHEIA NO VALOR DE IMÓVEIS PELO MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS**

**por**

**LIZANDRA MARTINEZ LEZCANO**

Dissertação aprovada como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos professores:

**ORIENTADOR:**

---

**HEINZ DIETER O. A. FILL**

Universidade Federal do Paraná - UFPR

**MEMBROS:**

---

**ORLANDO MACIEL STROBEL**

Pontifícia Universidade Católica d Paraná – PUC/PR

---

**RUY FERNANDO SANT'ANA**

Universidade Federal do Paraná - UFPR

---

**CRISTÓVÃO V. S. FERNANDES**

Universidade Federal do Paraná - UFPR

Curitiba, 21 de dezembro de 2004

Aos meus queridos pais, pelo constante apoio, carinho e amor incondicional.

Ao Rafael, pelo amor, compreensão e companheirismo em todos os momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao querido mestre e amigo Prof. Fabio Ramos, orientador inicial desta dissertação, que partiu inesperadamente do nosso convívio em 27/02/2004, deixando saudades e um enorme vazio. Obrigada por ter acreditado sempre no meu potencial, pelas inestimáveis lições acadêmicas, profissionais e de vida ensinadas, enfim, por ter me dado a oportunidade de conviver com uma pessoa tão brilhante e generosa ao mesmo tempo.

Ao estimado Prof. Heinz Dieter Fill, pela generosidade com que acolheu o meu projeto e pela paciência, dedicação, empenho e boa vontade com que orientou a realização desta dissertação.

Ao Prof. Cristóvão Fernandes, Coordenador do Curso de Pós-Graduação, pela compreensão, apoio e incentivo nos momentos mais complicados desta caminhada.

Aos amigos da RHE Consultoria e Participações, pela amizade e experiências compartilhadas durante todos estes anos de convívio.

## SUMÁRIO

|   |             |
|---|-------------|
| <b>LISTA DE TABELAS.....</b>  | <b>vii</b>  |
| <b>LISTA DE FIGURAS.....</b>  | <b>viii</b> |
| <b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>                            | <b>ix</b>   |
| <b>RESUMO.....</b>  | <b>xi</b>   |
| <b>ABSTRACT.....</b>  | <b>xii</b>  |
| <b>1 INTRODUÇÃO.....</b>  | <b>1</b>    |
| <b>2 A PROBLEMÁTICA DAS INUNDAÇÕES URBANAS.....</b>                   | <b>6</b>    |
| 2.1 A URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NAS INUNDAÇÕES.....                 | 6           |
| 2.2 O CONTROLE DAS INUNDAÇÕES URBANAS.....                            | 15          |
| 2.2.1 Exemplos de Medidas de Controle e Prevenção de Inundações.....  | 19          |
| 2.3 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DE PROJETOS DE CONTROLE DE<br>CHEIAS..... | 25          |
| 2.4 GESTÃO DO PROBLEMA DE INUNDAÇÕES.....                             | 35          |
| <b>3 VALORAÇÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE.....</b>                    | <b>46</b>   |
| 3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....                                       | 46          |
| 3.2 O VALOR ECONÔMICO DOS RECURSOS AMBIENTAIS.....                    | 51          |
| 3.3 MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL.....                     | 57          |
| 3.3.1 Métodos de Função de Produção.....                              | 59          |
| 3.3.1.1 Método de produtividade marginal.....                         | 60          |
| 3.3.1.2 Método de mercado de bens substitutos.....                    | 62          |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 3.3.2    | Métodos de Função de Demanda.....   | 66         |
| 3.3.2.1  | Método de preços hedônicos.....   | 67         |
| 3.3.2.2  | Método de custo viagem.....   | 68         |
| 3.3.3.3  | Método de valoração contingente.....  | 71         |
| <b>4</b> | <b>MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS.....</b>                                     | <b>76</b>  |
| 4.1      | BREVE HISTÓRICO.....  | 76         |
| 4.2      | ESTIMATIVA DA FUNÇÃO DE PREÇOS HEDÔNICOS.....                               | 78         |
| 4.3      | REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA.....  | 86         |
| 4.3.1    | Estimativa dos Parâmetros de Regressão.....                                 | 88         |
| 4.3.2    | Coeficiente de Determinação.....  | 91         |
| 4.3.3    | Estimador da Variância dos Erros.....                                       | 93         |
| 4.3.4    | Inferência no modelo OLS.....   | 93         |
| 4.4      | APLICAÇÕES DO MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS.....                              | 97         |
| 4.5      | LIMITAÇÕES DO MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS.....                              | 105        |
| <b>5</b> | <b>ESTUDO DE CASO.....</b>  | <b>108</b> |
| 5.1      | CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....                                       | 108        |
| 5.2      | METODOLOGIA DE ANÁLISE.....   | 112        |
| 5.2.1    | Considerações Gerais.....   | 112        |
| 5.2.2    | Levantamento dos Valores Imobiliários.....                                  | 118        |
| 5.2.3    | Avaliação dos Atributos Localizacionais, de Infra-estrutura e Ambiental.... | 122        |
| 5.2.3.1  | Avaliação dos atributos localizacionais.....                                | 122        |
| 5.2.3.2  | Avaliação dos atributos infra-estrutura.....                                | 125        |

|  |   |            |
|--|---|------------|
| 5.2.3.3  | Avaliação do atributo ambiental.....                                | 129        |
| 5.2.4  | Avaliação do Atributo de Inundação.....                             | 131        |
| 5.2.5  | Formulação do Modelo Matemático.....                                | 136        |
| 5.3  | RESULTADOS E ANÁLISES.....  | 142        |
| 5.3.1  | Teste de Adequação.....   | 149        |
| 5.3.2  | Aplicação do Modelo Proposto no Processo de Tomada de Decisões..... | 151        |
| <b>6</b>   | <b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>                              | <b>159</b> |
| 6.1  | CONCLUSÕES.....   | 159        |
| 6.2  | RECOMENDAÇÕES.....  | 160        |
|  | <b>REFERÊNCIAS.....</b>   | <b>162</b> |
| <br><b>ANEXO A – INFORMAÇÕES COLETADAS RELATIVAS AOS</b> |   |            |
| <b>IMÓVEIS AMOSTRADOS</b>                                |   |            |
| <br><b>ANEXO B – LOCALIZAÇÃO DOS IMÓVEIS AMOSTRADOS</b>  |   |            |
| <br><b>ANEXO C – EXEMPLOS DE REGRESSÕES TESTADAS</b>     |   |            |

## LISTA DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| TABELA 2.1 - CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA E A TAXA DE URBANIZAÇÃO.....       | 7   |
| TABELA 2.2 - ESTIMATIVA DE DANOS DE CHEIAS NA RMC.....                              | 14  |
| TABELA 3.1 - COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL.....         | 74  |
| TABELA 4.1 - ESTUDOS RELATIVOS A CIDADES AMERICANAS.....                            | 99  |
| TABELA 4.2 - ESTUDOS QUE AVALIAM A OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO...                       | 104 |
| TABELA 5.1 - QUANTIDADE DE IMÓVEIS LEVANTADOS.....                                  | 120 |
| TABELA 5.2 - DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS USADAS.....                                    | 141 |
| TABELA 5.3 - RESUMO DO MODELO RESULTANTE.....                                       | 147 |
| TABELA 5.4 - DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS NORMALIZADOS.....                            | 149 |
| TABELA 5.5 - COEFICIENTE DE DETERMINAÇÃO MÚLTIPLO ENTRE VARIÁVEIS EXPLICATIVAS..... | 151 |
| TABELA 5.6 - CARACTERÍSTICAS DO IMÓVEL MÉDIO.....                                   | 154 |



## LISTA DE FIGURAS

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| FIGURA 2.1 - | EVOLUÇÃO URBANA E EVENTOS DE INUNDAÇÃO EM BELO HORIZONTE.....                                       | 8   |
| FIGURA 2.2 - | RAZÃO R, (RAZÃO ENTRE A MÉDIA DAS VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS ANTES E DEPOIS DA URBANIZAÇÃO).....         | 11  |
| FIGURA 2.3 - | CATÁSTROFES NATURAIS OCORRIDAS NO MUNDO ENTRE 1988 E 1997 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL POR EVENTO..... | 12  |
| FIGURA 2.4 - | IMPACTO DA DRENAGEM URBANA TRADICIONAL.....   | 37  |
| FIGURA 2.5 - | VISÃO INTEGRADA DO PLANEJAMENTO DOS ASPECTOS DA ÁGUA NO AMBIENTE URBANO.....                        | 44  |
| FIGURA 3.1 - | DECOMPOSIÇÃO DO VALOR ECONÔMICO TOTAL DE UM RECURSO AMBIENTAL.....                                  | 55  |
| FIGURA 3.2 - | MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL.....   | 58  |
| FIGURA 3.3 - | CURVA DE DEMANDA POR UM SÍTIO NATURAL.....  | 70  |
| FIGURA 5.1 - | LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RIO ATUBA.....  | 109 |
| FIGURA 5.2 - | FLUXOGRAMA DAS ETAPAS DO ESTUDO DE CASO.....  | 117 |
| FIGURA 5.3 - | RELAÇÃO ENTRE PREÇOS OBSERVADOS E CALCULADOS.....   | 146 |
| FIGURA 5.4 - | AVALIAÇÃO DE BENEFÍCIOS DO CONTROLE DE CHEIAS.....  | 156 |
| FIGURA 5.5 - | PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO EM CONTROLE DE CHEIAS.....  | 157 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |   |
|---------|---|
| AC      | - Área Construída   |
| ACB     | - Análise Custo-Benefício                                 |
| AP      | - Disponibilidade de Pavimento Anti-pó                    |
| AS      | - Disponibilidade de Pavimento Asfalto                    |
| AT      | - Área do Terreno   |
| AV      | - Proximidade a Áreas Verdes e de Recreação               |
| B       | - Benefício   |
| B/C     | - Relação Benefício/Custo                                 |
| C       | - Custo   |
| CE      | - Disponibilidade de Sistema de Coleta de Esgoto          |
| CR      | - Proximidade a Creches                                   |
| DC      | - Distância ao Centro de Curitiba                         |
| DHI     | - Danish Hydraulic Institute                              |
| ES      | - Proximidade a Escolas                                   |
| EUA     | - Estados Unidos da América                               |
| IBGE    | - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística         |
| ID      | - Idade do Imóvel   |
| INPE    | - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais               |
| IPH     | - Instituto de Pesquisas Hidráulicas - UFRGS              |
| IPPUC   | - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba |
| JICA    | - Japan International Cooperation Agency                  |
| MIKE 11 | - Modelo Hidrodinâmico                                    |

|          |   |
|----------|---|
| MU       | - Município   |
| OI       | - Proximidade a Áreas com Ocupação Irregular                                      |
| OLS      | - Mínimos Quadrados Ordinários  |
| P        | - Preço de Mercado do Imóvel  |
| PIB      | - Produto Interno Bruto   |
| RMC      | - Região Metropolitana de Curitiba  |
| SANEPAR  | - Companhia de Saneamento do Paraná   |
| SIGRH    | - Sistema de Informações Geográficas de Recursos Hídricos                         |
| SPRING   | - Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas                        |
| SUDERHSA | - Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental |
| TC       | - Tipo de Construção  |
| TIR      | - Taxa Interna de Retorno   |
| TR       | - Tempo de Recorrência de Cheias  |
| US       | - Proximidade a Unidades de Saúde   |
| VE       | - Valor de Existência   |
| VET      | - Valor Econômico Total   |
| VNU      | - Valor de Não-Uso  |
| VO       | - Valor de Opção  |
| VUD      | - Valor de Uso Direto   |
| VUI      | - Valor de Uso Indireto   |
| VPL      | - Valor Presente Líquido  |

## RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo propor um método de avaliação de benefícios econômicos resultantes da redução do risco de cheias proporcionado por medidas de controle em áreas urbanas. Procura-se fornecer uma ferramenta simples que possa ser utilizada como base na análise da eficiência econômica de intervenções deste tipo. Dada a escassez crônica de recursos financeiros dos órgãos públicos encarregados, torna-se conveniente que a escolha dos projetos de controle de cheias a serem implementados seja baseada em análises de custo-benefício, o que dará maior objetividade ao processo de tomada de decisões. Para tanto um método para estimar os benefícios monetários proporcionados por uma redução no risco de inundação é necessário. Esta dissertação propõe o uso do método dos preços hedônicos para estimar os benefícios de medidas de controle de cheias, usando um modelo de regressão múltipla log-linear, que apresentou o melhor ajuste aos dados disponíveis para o estudo de caso analisado. Através desse método é possível comparar os preços de imóveis localizados em áreas que sofrem ou não com a ocorrência de inundações, e portanto, estimar a valorização da região beneficiada com a implementação de medidas de controle de cheias. O método foi aplicado com sucesso na bacia do rio Atuba, localizada na Região Metropolitana de Curitiba, estado do Paraná, Brasil. Os resultados foram satisfatórios e revelaram que o risco de inundações afeta significativamente o valor dos imóveis situados em planícies de inundação. Uma alteração do período de retorno de 10 para 100 anos conduziu a uma valorização de cerca de 17% nos preços de mercado dos imóveis.

Palavras-chave: Controle de Cheias, Análise Custo-Benefício, Preços Hedônicos, Regressão Múltipla

## **ABSTRACT**

This work proposes a method for the evaluation of the economic benefits provided by flood control measures reducing the flood risk at urban areas. The goal is to supply a simple tool that can be used in the analysis of the economic efficiency of interventions of this type. Due to scarcity of money of flood control agencies, it would be convenient that the choice of flood control measures to be implemented are based on cost-benefit analyses. This will improve the decision making process providing less personal judgment. To carry out these analyses a method to estimate monetary benefits caused by flood risk reduction is needed. This thesis proposes the hedonic price valuation method to estimate flood control benefits using a log-linear multiple regression model. This model presented the best adjustment to the available data for the case study analyzed. The method allows to compare the prices of property located in areas with distinct probability of flooding, and hence, estimate the increase in value of the region benefited by the implementation of flood control measures. This method was successfully applied to a case study within the Atuba catchment in the Curitiba Metropolitan Area, state of Paraná, Brazil. The results were satisfactory and reveal that the risk of flooding affects significantly the value of property in floodplains. A change of the return period from 10 to 100 years provides a valuation of approximately 17% in market prices of real estate property.

Key words: Flood Control, Cost-Benefit Analyses, Hedonic Price, Multiple Regression

## 1 INTRODUÇÃO

No início do século XX, a população urbana constituía somente cerca de 15% da população mundial, enquanto que no seu final, estima-se que a mesma tenha atingido a marca dos 50% (TUCCI, 1995). Este crescimento súbito da urbanização se deu com maior intensidade nos países em desenvolvimento, entre os quais se encontram a maioria dos países da América Latina.

No Brasil ao longo das últimas décadas houve um crescimento significativo da população urbana, e além disso esse crescimento concentrou-se nas chamadas regiões metropolitanas. No ano 2000, ao redor de 81% da população brasileira estavam vivendo em áreas urbanas e cerca da 34% nas regiões metropolitanas (BRAGA; CARVALHO, 2003). Como este processo de urbanização ocorreu de forma bastante acelerada, começando somente após a década de 60, trouxe consigo graves conseqüências para a infra-estrutura das grandes cidades brasileiras.

Alguns efeitos negativos deste processo são aqueles que atingem os sistemas urbanos ligados aos recursos hídricos, como abastecimento de água, coleta de esgotos e drenagem pluvial. Dentro deste conjunto encontra-se inserido o problema das enchentes urbanas, cujas freqüências e intensidades tem aumentado consideravelmente nos últimos tempos.

A problemática das cheias urbanas tem causado grandes perdas econômicas e sociais para inúmeras cidades brasileiras. Entre essas encontra-se a Região Metropolitana de Curitiba, que em função da instalação intensa de empresas de grande porte na região, resultado da política de incentivos fiscais adotada pelo governo

estadual, acabou atraindo uma grande quantidade de pessoas, em especial de baixo poder aquisitivo, em busca de um promissor mercado de trabalho.

Este crescimento populacional brusco contribuiu para o agravamento do problema de enchentes na Região Metropolitana de Curitiba, pois produziu um aumento significativo da impermeabilização do solo, e a instauração de um processo de ocupação descontrolada e indevida de áreas inundáveis, situadas junto às margens dos rios que banham esta região.

A administração pública local vem se empenhando na viabilização de obras de infra-estrutura para a minimização dos impactos das inundações nos trechos mais críticos. Entretanto, essas intervenções são em geral de caráter pontual e provocadas por uma cheia recente, visando solucionar problemas localizados de uma dada região, dentro de um enfoque denominado por FRANK (1995) de gestão inercial das enchentes.

No Brasil, este tipo de solução tem sido largamente adotada e segue a visão de resolver um problema particular de um trecho da bacia, sem que os seus resultados sejam avaliados para o restante da bacia ou dentro de diferentes horizontes de ocupação urbana. Esta prática tem levado o poder público a aplicar recursos financeiros em medidas de controle de cheia de elevado custo e baixa eficiência.

Na atualidade, este cenário está se modificando, pois a política brasileira de gerenciamento dos recursos hídricos vem sofrendo importantes transformações. Os novos fundamentos de gestão da água estão baseados na visão sistêmica, em que a

unidade de planejamento dos recursos hídricos passa a ser a bacia hidrográfica, e não mais as unidades políticas e administrativas.

Inserido neste contexto, o controle de cheias urbanas também está passando por um processo de transformação na suas bases conceituais. Percebeu-se que as ações para serem realmente eficazes não podem mais ser concebidas de forma localizada. Pelo contrário, ficou claro que para conseguir resolver satisfatoriamente o problema das enchentes urbanas resulta imprescindível que seja feito um planejamento e gerenciamento sistêmico, integrado, participativo e passível de ser implementado de forma escalonada no tempo, dentro de um horizonte de projeto pré-determinado.

Portanto, vive-se atualmente no Brasil um período histórico de transição e adequação no setor de drenagem e controle de cheias, em que as práticas tradicionalmente adotadas estão sofrendo grandes e profundas modificações, dando passo a uma nova abordagem, fundamentada em conceitos e paradigmas mais modernos, sintonizados com os princípios do desenvolvimento sustentável. Entretanto, um aspecto importante nesse processo que não mudou refere-se à carência de recursos financeiros que impera na maioria dos órgãos públicos encarregados da prestação deste tipo de serviço.

Desta forma, tendo em vista o orçamento público limitado, resulta necessário a adoção por parte do poder público de critérios mais apurados e adequados na avaliação econômica das alternativas a serem implementadas, visando a alocação mais eficiente dos escassos recursos disponíveis. Dentro deste contexto, mostra-se conveniente a utilização da técnica de análise custo-benefício, que se constitui na forma mais usual



de se avaliar a eficiência econômica de projetos e políticas. A principal vantagem da utilização desta técnica para avaliação de projetos é que a mesma proporcionará maior objetividade ao processo de tomada de decisões, fornecendo subsídios aos decisores que irão nortear a seleção da melhor alternativa, bem como indicar as bases para a hierarquização dos investimentos.

A presente dissertação procura contribuir dentro desse contexto ao propor uma metodologia inserida na análise custo-benefício para avaliar a eficácia de medidas de controle de cheias urbanas.

Contudo, para que a aplicação desta técnica forneça resultados satisfatórios e confiáveis, faz-se necessário a realização de uma criteriosa estimativa dos custos e benefícios das diferentes alternativas analisadas. Neste caso a avaliação dos custos consiste basicamente em orçar as diferentes obras e/ou desapropriações necessárias, estimar os custos de operação e manutenção e custos indiretos, e determinar o valor presente do fluxo de caixa resultante. Essa avaliação não será abordada nesta dissertação, cujo escopo se limita à avaliação dos benefícios.

Por sua vez, a avaliação dos benefícios resultantes é bastante complexa e composta por diversas parcelas. Por um lado, estão os benefícios relativos aos custos diretos e indiretos evitados, tais como perdas de bens materiais, gastos com atendimentos hospitalares, custos adicionais de transporte, entre outros. Porém, por outro lado, existe uma parcela importante deste benefício que resulta na valorização de imóveis dentro da área de risco. Este segmento se constitui no objeto da presente dissertação usando para quantificá-lo o método dos preços hedônicos. Após

estabelecer as bases desse método foram utilizados dados da bacia do rio Atuba para uma aplicação prática, obtendo-se como resultado um modelo de regressão múltipla que permite estimar a variação no valor de mercado dos imóveis localizados nesta região em função ao risco de ocorrência de inundação.

Desta forma, o objetivo desta dissertação consiste em desenvolver uma metodologia que possibilite a avaliação de benefícios econômicos proporcionados pelo controle de cheias, visando fornecer uma ferramenta simples que possa ser utilizada como base na análise econômica de investimentos em intervenções deste tipo, auxiliando os tomadores de decisão na seleção da alternativa mais adequada, considerando a meta estabelecida e a disponibilidade de recursos financeiros.

O trabalho aqui apresentado foi estruturado em 6 capítulos, sendo o capítulo 1 esta introdução. No capítulo 2, caracteriza-se a problemática das inundações, descrevem-se algumas medidas para o seu controle, e comenta-se sobre os aspectos envolvidos na sua gestão e análise econômica. No capítulo 3 faz-se uma síntese sobre os métodos de valoração econômica do meio ambiente, apresentando-se uma descrição resumida das principais características da cada um dos métodos existentes. No capítulo 4 apresenta-se uma descrição mais detalhada do método preços hedônicos, escolhido para ser aplicado neste estudo, procurando-se definir os principais conceitos, características, aplicações e limitações relativas a este método. No capítulo 5 detalham-se as etapas de trabalho realizadas no estudo de caso, assim como se apresenta o resultado obtido. Finalmente no capítulo 6 apresentam-se as conclusões e recomendações.

## 2 A PROBLEMÁTICA DAS INUNDAÇÕES URBANAS

### 2.1 A URBANIZAÇÃO E SEUS IMPACTOS NAS INUNDAÇÕES

As cheias urbanas são desastres naturais que tem atingido cada vez com maior frequência e intensidade pessoas do mundo inteiro, causando mortes, danos ambientais e grandes prejuízos econômicos. Como um dos principais fatores que contribuem para o aumento deste fenômeno pode-se citar o processo acelerado da urbanização, caracterizado pela concentração de parcelas cada vez mais maiores da população em aglomerações urbanas. Esse processo vem ocorrendo a nível mundial ao longo das últimas décadas. Segundo I.A.U.R.I.F.<sup>1</sup> (apud RAMOS, 1998), em 1950, a população urbana representava apenas 25% da população mundial, ao passo que, em 1990, essa parcela já representava 45%. Já conforme BRAGA E CARVALHO (2003), no limiar do século XXI, estima-se que metade da população viva em aglomerados urbanos, num processo de incremento contínuo, no qual já são contabilizadas 17 mega-cidades, com mais de 10 milhões de habitantes.

Particularmente, “nos países em desenvolvimento localizados no chamado "trópico úmido" este processo foi explosivo invertendo a relação de 30% de população urbana e 70% de população rural nos anos 40 para 70% de população urbana e 30% de população rural dos anos 90”, como afirma BRAGA (1998, p.52). No Brasil, a população urbana cresceu nas últimas décadas com taxas muito elevadas, conforme

---

<sup>1</sup> I.A.U.R.I.F. - Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région d'Ile-de-France. **L'eau, la ville et l'urbanisme**. Cahiers de l' I.A.U.R.I.F - n.116 - Avr. 1997.

ilustrado na tabela 2.1 a seguir.

TABELA 2.1 - CRESCIMENTO DA POPULAÇÃO BRASILEIRA E A TAXA DE URBANIZAÇÃO

| <b>Ano</b> | <b>População<br/>(milhões de habitantes)</b> | <b>Parcela da população urbana<br/>(%)</b> |
|------------|--|--|
| 1960       | 70,1   | 44,7                                       |
| 1970       | 93,1   | 55,9                                       |
| 1980       | 119,0  | 67,6                                       |
| 1991       | 146,8  | 75,6                                       |
| 1996       | 157,1  | 78,4                                       |
| 2000       | 169,8  | 81,2                                       |

FONTE: IBGE. Dados Históricos de Censos Demográficos. Disponível em:  
<<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 20 set. 2004.

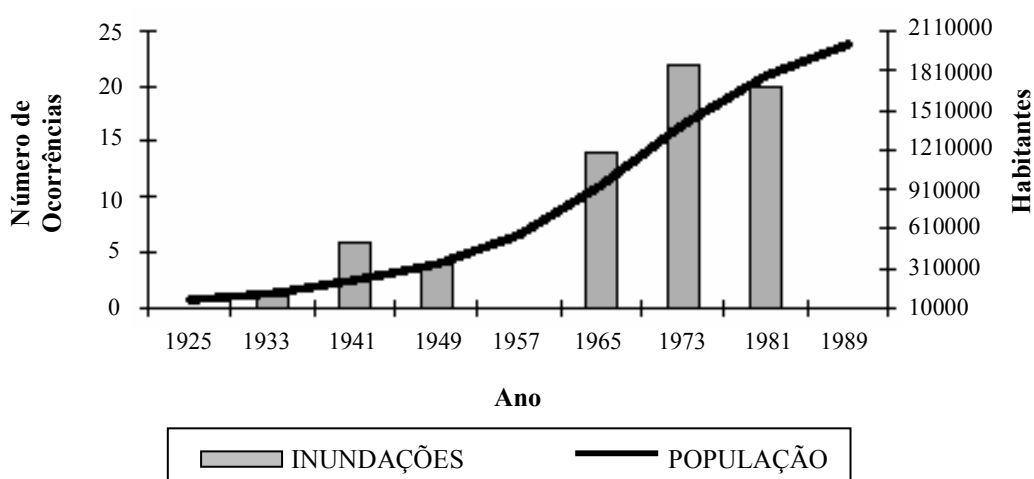
Como pode ser observado, a proporção da população urbana brasileira superou a marca de 80% em 2000, enquanto em 1960 era da ordem de 45%. Esse acelerado crescimento proporcionou a criação de grandes metrópoles na maior parte das Unidades da Federação. Estas regiões metropolitanas possuem um núcleo principal e várias cidades circunvizinhas, resultado da expansão deste crescimento. De acordo com BRAGA E CARVALHO (2003), no ano 2000, aproximadamente 34% da população - 55 milhões de pessoas – estavam vivendo em áreas metropolitanas, sendo que em 1991 eram apenas 29,9%.

Segundo comentários de TUCCI (2002), nos últimos tempos a tendência do desenvolvimento urbano brasileiro tem sido o aumento expressivo da população em áreas periféricas e nas cidades de médio porte que são pólos regionais de crescimento

econômico. Os efeitos desse processo fazem-se sentir sobre todo o aparelhamento urbano relativo a recursos hídricos: abastecimento de água, esgotamento sanitário, drenagem urbana e controle de cheias, gerando uma população provida de uma infraestrutura urbana em condições precárias e inadequadas.

O êxodo rural e o conseqüente crescimento desenfreado e caótico das populações urbanas no Brasil têm contribuído negativa e significativamente aos problemas relacionados às questões da drenagem urbana e controle de cheias. O agravamento desses problemas está diretamente associado com a questão da intensificação da urbanização, conforme pode ser observado no exemplo ilustrado na figura 2.1, onde foram plotados dados da evolução do crescimento da população em Belo Horizonte e a frequência de ocorrência de eventos de inundação observados no período de 56 anos (1928-1984).

FIGURA 2.1 - EVOLUÇÃO URBANA E EVENTOS DE INUNDAÇÃO EM BELO HORIZONTE



FONTE: RAMOS (1998)

As enchentes em áreas urbanas têm sido uma das grandes calamidades a que a população brasileira tem estado sujeita como consequência de dois processos principais, que ocorrem isoladamente ou combinados: ocupação inadequada do leito maior dos rios e expansão das áreas urbanizadas.

As inundações de áreas ribeirinhas são decorrência do processo natural do ciclo hidrológico, que ocorrem quando as vazões extravasam a capacidade de descarga da calha ou leito menor no qual o rio escoava durante a maioria do tempo, e passa a escoar pela várzea ou leito maior que o rio ocupa somente durante eventos chuvosos extremos, os quais acontecem em média com tempo de retorno de 1,5 a 2 anos, conforme afirma TUCCI (2002). De acordo com LIMA (2003), devido aos diversos benefícios que as planícies de inundação apresentam à ocupação humana (e.g. facilidade de acesso, topografia favorável, fertilidade), o homem sempre procurou se fixar junto a elas, usando-as para muitas atividades. Contudo, como essas áreas são freqüentemente inundadas, sua ocupação também acaba lhe trazendo prejuízos e perigos, principalmente quando a ocupação carece de certos cuidados para uma convivência adequada com as cheias.

Os impactos resultantes sobre a população, são causados principalmente pela ocupação indisciplinada das várzeas, que são áreas de risco. Essas condições ocorrem, em geral, devido às seguintes ações (TUCCI, 2002, p. 24-25):

- como, no Plano Diretor Urbano da quase totalidade das cidades brasileiras, não existe nenhuma restrição quanto ao loteamento de áreas de risco de inundação, a seqüência de anos sem enchentes é razão suficiente para que empresários loteiem áreas inadequadas;
- invasão de áreas ribeirinhas, que pertencem ao poder público, pela população de baixa renda;
- ocupação de áreas de médio risco, que são atingidas com freqüência menor, mas que quando o são, sofrem prejuízos significativos.

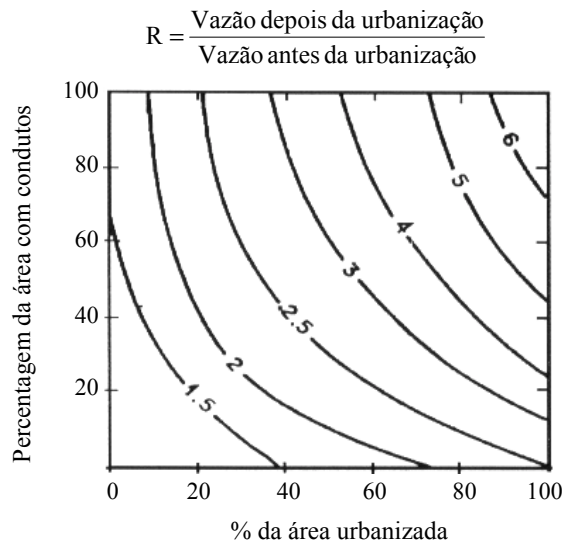
Além das colocações citadas, outra causa para a ocupação destas regiões de risco a ser mencionada é a confiança da população que, uma vez ocupadas as áreas, o poder público se encarregará de prover obras de proteção reduzindo a frequência de cheias.

No caso das inundações devido à expansão e adensamento das áreas urbanas, a ampliação da frequência e magnitude das enchentes naturais são provocadas devido, tanto à impermeabilização causada pela ocupação do solo quanto à construção de rede de drenagem pluvial, que acelera o encaminhamento das águas aos rios. No processo de desenvolvimento urbano podem também ser produzidas inundações localizadas, provocadas por obstruções ao escoamento, devido a aterros e pontes, assim como projetos e execução de obras de drenagens inadequadas, ou com risco excessivo.

Desta forma, o comportamento do escoamento superficial direto sofre alterações substanciais em decorrência do processo de urbanização de uma bacia, principalmente como consequência da impermeabilização da superfície, que causam muitas mudanças nos processos hidrológicos como, por exemplo, aumento da vazão de pico, diminuição do tempo de concentração, interferência na evapotranspiração e redução da infiltração.

De acordo com TUCCI (2002), à medida que a cidade amplia e adensa sua área urbanizada, ocorre, em geral, o aumento das vazões máximas, que pode chegar até 6 vezes a vazão natural, conforme ilustrado na figura 2.2, e de sua frequência de ocorrência em face do aumento da capacidade de escoamento através de condutos e canais e impermeabilização das superfícies.

FIGURA 2.2 – RAZÃO R, (RAZÃO ENTRE A MÉDIA DAS VAZÕES MÁXIMAS ANUAIS ANTES E DEPOIS DA URBANIZAÇÃO)



FONTE: LEOPOLD<sup>2</sup> (apud TUCCI, 2002)

Como pode ser observado, o avanço do processo de ocupação do espaço urbano, de maneira acelerada, desordenada e inadequada, tem ocasionado problemas notáveis de desequilíbrio na drenagem urbana, sendo uma de suas principais conseqüências a ocorrência de inundações. No Brasil, as enchentes urbanas estão se tornando um problema crônico que acometem sazonalmente praticamente todas as cidades de médio e grande porte do país. Dessa forma, assiste-se, atualmente, a um conjunto de eventos trágicos a cada período de chuvas, que no mínimo, interrompem o trânsito de veículos e, em casos piores, causam danos materiais aos habitantes e à administração pública, deixam desabrigadas as populações ribeirinhas, e podem ocasionar a proliferação de doenças e a perda de vidas humanas.

LIMA (2003, p. 8) destaca que, “Este tipo de desastre tem sido responsável,

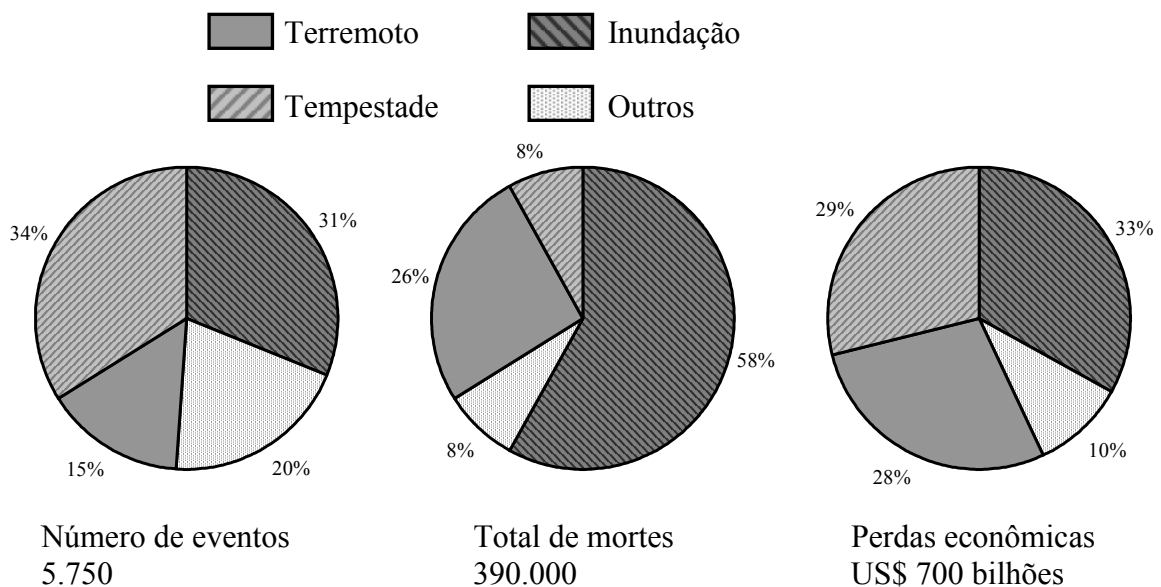
<sup>2</sup> LEOPOLD, L. B. **Hydrology for urban planning** - a guide book on the hydrologic effects on urban land use. USGS circ. 554, 18 p, 1968.



direta e indiretamente, por um grande número de vítimas e enormes prejuízos no mundo inteiro, figurando entre as catástrofes naturais que mais danos ocasionam à propriedade e à saúde pública”.

Segundo um estudo realizado por BERZ<sup>3</sup> (apud LIMA, 2003), somente na década de 90, mais de US\$ 250 bilhões foram gastos para compensar as consequências mundiais de eventos de inundação. Neste estudo, realizou-se uma comparação entre este tipo de catástrofe e outros desastres naturais, o qual revelou que, no período entre 1988 e 1997, as inundações foram responsáveis por: (i) quase um terço de todas as catástrofes naturais que ocorreram no mundo, (ii) mais da metade de todas as fatalidades, e (iii) um terço dos prejuízos econômicos decorrentes de desastres naturais, como mostra a figura 2.3.

FIGURA 2.3 - CATÁSTROFES NATURAIS OCORRIDAS NO MUNDO ENTRE 1988 E 1997 – DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL POR EVENTO



FONTE: LIMA (2003, adaptado de BERZ<sup>3</sup>, 2000)

<sup>3</sup> BERZ, G. **Flood Disasters: Lessons From the Past - Worries for the Future**. Water & Maritime Engineering, v. 142, p. 3-8, 2000.

Recentemente, pode-se citar o ano de 2002 como um ano notável em relação aos eventos de inundação devido à sua extensão e magnitude, no qual vários países da Ásia e da Europa foram duramente castigados por esses desastres em decorrência de chuvas torrenciais que os atingiram. Conforme MUNICH RE<sup>4</sup> (apud LIMA, 2003), as perdas econômicas mundiais durante o ano de 2002 em decorrência de desastres naturais foram da ordem de US\$ 55 bilhões, sendo que, deste total, mais da metade foram gerados por eventos de inundação, dos quais estima-se que aproximadamente US\$ 18,5 bilhões correspondam aos prejuízos decorrentes deste evento no continente europeu.

No Brasil, são ainda raros os estudos que quantificam os prejuízos econômicos devido às inundações. Na ausência de dados, BAPTISTA E NASCIMENTO (1996), estimaram prejuízos da ordem de US\$ 2 bilhões/ano causados por eventos de inundação no território nacional, o qual foi obtido tomando como base 0,3% do PIB brasileiro, valor encontrado a partir da média das estimativas feitas para os Estados Unidos (0,2% do PIB) e para a Austrália (0,4% do PIB). Destaca-se que apesar da incerteza desta estimativa, devido ao critério simplificado adotado, a mesma pode ser muito útil quanto a fornecer uma ordem da magnitude do problema e da importância de se minimizar os impactos das cheias no país.

Com relação ao Estado do Paraná, JICA (1995) realizou um estudo onde são apresentados alguns dados quantitativos interessantes relativos aos danos e prejuízos causados por eventos de inundação em diversos municípios deste estado, dentre eles

---

<sup>4</sup> MUNICH RE. **Munich Re's Analysis of Natural Catastrophes in 2002**. Disponível em: <<http://www.munichre.com>> Acesso em: 02 fev. 2003.

Curitiba e alguns municípios da sua região metropolitana. Neste estudo apresenta-se uma estimativa de custos diretos e indiretos causados por cheias ocorridas na Região Metropolitana de Curitiba – RMC, conforme ilustrado na tabela 2.2 a seguir.

TABELA 2.2 – ESTIMATIVA DE DANOS DE CHEIAS NA RMC

| <b>Ano</b> | <b>Estimativa Monetária dos Danos<br/>(milhões de US\$)</b> |
|------------|---|
| 1983       | 32,9  |
| 1993       | 19,6  |
| 1995       | 43,7  |

FONTE: JICA (1995)

Ainda segundo JICA (1995), no ano de 1983 ocorreu a maior cheia de Curitiba e sua região metropolitana, desde 1932. No entanto, MÜLLER et al. (1995) mostram que o conceito de máxima enchente varia conforme a sub-bacia considerada. Para a RMC no rio Iguaçu em Ponte BR-277 (687 km<sup>2</sup>) a vazão de pico em janeiro de 1995 superou a de 1983 em aproximadamente 24%. Estes mesmos autores observam que, “também contribuíram para a gravidade desta enchente [de 1995] a crescente ocupação (muitas vezes ilegal) das várzeas, o despejo de lixo nos cursos de água, a falta de dragagem dos rios e a falta de um plano de utilização e gestão dos recursos hídricos e de ocupação do solo na RMC”. Já para a bacia do rio Iguaçu a jusante de Balsa Nova (2.730 km<sup>2</sup>) a cheia de 1983 foi bem mais severa como registram os postos fluviométricos de Porto Amazonas (3.660 km<sup>2</sup>) e União da Vitória (22.400 km<sup>2</sup>), entre outros. Cabe mencionar ainda que, o número de pessoas desabrigadas na RMC pelas

cheias de 1983 e 1995 foi de aproximadamente 9.000 (JICA, 1995) e 18.000 (MÜLLER et al., 1995) respectivamente.

Como pode ser observado, as enchentes na Região Metropolitana de Curitiba constituem um problema que tem produzido danos e prejuízos significativos ao longo dos últimos tempo. Isto se deve principalmente a que Curitiba e sua região metropolitana, assim como a maioria das metrópoles brasileiras apresenta um processo de urbanização ao longo dos seus rios, que combinado com o crescimento e desenvolvimento muito rápido, fazem que os eventos de cheias ocorram cada vez com maior frequência e magnitude.

Nesta região, as enchentes ocorrem principalmente pelo transbordamento do rio Iguaçu e seus principais afluentes, que estão sendo urbanizados em taxas altas nas ultimas décadas. Um desses afluentes é o rio Atuba, cuja bacia hidrográfica serviu como estudo de caso desta pesquisa. De acordo com TUCCI (1998), a bacia do rio Atuba constitui-se na segunda sub-bacia mais urbanizada do rio Iguaçu, com forte desenvolvimento, partindo da sua parte central e avançando tanto para montante como para jusante, tornando-a suscetível à ocorrência de problemas graves relacionados à inundação.

### 2.3 O CONTROLE DAS INUNDAÇÕES URBANAS

Controlar uma inundação urbana significa intervir nos diversos processos e elementos envolvidos, objetivando evitar que ela cause transtornos às cidades e aos

seus habitantes. De acordo com TUCCI E GENZ (1995, p. 277), “O controle das enchentes urbanas é um processo permanente, que deve ser mantido pelas comunidades, visando à redução do custo social e econômico dos impactos”.

O crescimento acelerado do processo de urbanização ocorrido nos últimos 50 anos em todo mundo provocou uma grande demanda pelo desenvolvimento de mecanismos visando o controle de inundações. Porém, cabe mencionar que apesar de todos os esforços realizados, ainda não foram encontradas soluções suficientemente satisfatórias que propiciem a eliminação do problema das enchentes urbanas, fenômeno que vem se repetindo cada vez com maior frequência e magnitude nas grandes metrópoles ao redor do mundo inteiro, provocando inúmeros danos e prejuízos. Segundo comentários de UEHARA<sup>5</sup> (apud OSTROWSKY, 2000, p. 22), “É praticamente impossível eliminar as inundações devido a aspectos econômicos, financeiros, sociais, ecológicos e políticos”.

De acordo com FENDRICH (2002), não há como se controlar totalmente os efeitos das chuvas excepcionais, da magnitude da ocorrida no dia 21 de fevereiro de 1999, pois se isso fosse possível, países ricos, como Estados Unidos, Alemanha, Japão, França, entre outros, já teriam eliminado as suas enchentes urbanas. Contudo, segundo este mesmo autor, embora não seja possível controlar totalmente as enchentes urbanas, existe a possibilidade de se estabelecerem medidas para promover a redução dos seus efeitos. Várias medidas são utilizadas com esta finalidade, que costumam ser classificadas em estruturais e não-estruturais.

---

<sup>5</sup> UEHARA, K. **Drenagem das várzeas causa problemas**. In: Revista Politécnica. São Paulo: USP, v. 83, n.192, p. 34-38, 1986.

As medidas estruturais são aquelas que modificam o sistema fluvial, envolvendo tipicamente a execução de obras hidráulicas de grande e médio porte, geralmente acompanhadas da realização de investimentos bastante elevados. A aplicação deste tipo de medidas tem como finalidade alterar as condições do escoamento de cheias nos canais naturais e na bacia hidrográfica, modificando o seu volume, a vazão máxima, o nível de água e a velocidade do escoamento.

As medidas do tipo estrutural podem ser divididas em intensivas ou extensivas. As medidas intensivas são aquelas que agem no rio e podem acelerar, retardar ou desviar o escoamento, tais como retificação dos cursos de água, construção de diques ou barragens de contenção. As medidas extensivas são aquelas que agem na bacia, procurando modificar as relações entre precipitação e vazão, como a alteração da cobertura vegetal do solo (e.g. reflorestamento), que além de controlar a erosão, aumenta a capacidade de infiltração e de intercepção e aumenta o tempo de percurso da água, reduzindo com isto o pico da cheia. As medidas estruturais extensivas são também às vezes chamadas de medidas semi-estruturais.

As medidas não-estruturais são aquelas de natureza institucional, administrativa ou de incentivos financeiros, com o objetivo de adaptar os habitantes das áreas sujeitas a inundações, visando reduzir os prejuízos através de uma melhor convivência da população com a ocorrência periódica das cheias. Como exemplos, pode-se citar: a regulamentação do uso e ocupação do solo, o emprego de construções adequadas às cheias (e.g. pilotis), os sistemas de previsão e alerta com plano de evacuação e os seguros de inundações.

De acordo com OSTROWSKY (2000), a aplicação deste tipo de medida exige, usualmente, menos recursos financeiros que as medidas estruturais. Por outro lado, para viabilizar a sua prática é necessário que haja credibilidade em seus resultados, seja por parte dos governos, dos técnicos, de setores organizados da sociedade e da própria população, principalmente a que habita as várzeas.

Entretanto, são medidas de pouco interesse político porque em geral contrariam interesses comerciais (e.g. venda de lotes), restringem a liberdade dos proprietários de terrenos nas zonas de inundação e não se prestam a promover governantes e políticos via inauguração de obras.

Também a implementação das medidas não-estruturais exige por parte do poder público uma estrutura de fiscalização e coerção que garanta a sua aplicação na prática. Por outro lado, no caso de zonas já desenvolvidas a aplicação de regras para uso do solo pode-se chocar com direitos adquiridos de proprietários de imóveis antigos anteriores à regulamentação. Nesta linha, BARTH (1997), comenta que as medidas não-estruturais tendem a ser mais adequadas para as áreas não desenvolvidas e as estruturais a áreas já urbanizadas, ou seja, as não-estruturais tendem a ser preventivas, enquanto as estruturais são de caráter corretivo. Contudo, a adoção de medidas não-estruturais em áreas densamente povoadas pode propiciar resultados positivos como por exemplo um sistema de previsão e alerta, visando ações preventivas em caso de inundação, reduzindo consideravelmente os prejuízos.

Também mediante ações de conscientização da população é possível adaptar as futuras construções para uma convivência com as cheias e substituir imóveis

inadequados por parques e áreas de recreação mediante desapropriação.

Em geral, a solução recomendada para o controle de cheias em bacias hidrográficas urbanas envolve a aplicação combinada de medidas estruturais e não-estruturais. Por exemplo, a construção de bacias de retenção (estrutural) em conjunto com a implementação de parques lineares ao longo dos rios (não-estrutural), retificação do leito (estrutural) e proibição de construções em fundos de vale (não-estrutural). Constatou-se que a adoção de medidas não-estruturais, em conjunto com as estruturais, reduz consideravelmente os custos no controle de enchentes. De acordo com BARTH (1997, p. 3-1) “O desafio principal no planejamento e manejo da drenagem urbana é encontrar, para uma bacia hidrográfica em particular, a melhor opção do elenco de medidas ditas estruturais e não estruturais”.

### 2.2.1 Exemplos de Medidas de Controle e Prevenção de Inundações

Como já foi observado, existem diversas medidas, estruturais e não-estruturais, para o controle e prevenção de inundações. A seguir apresenta-se uma descrição resumida das soluções mais comumente empregadas.

#### (i) Reservatórios:

Os reservatórios de controle de cheias são uma medida estrutural que permite o abatimento do pico da cheia e o controle das vazões escoadas para jusante, de acordo com a capacidade de descarga da calha fluvial de jusante. O objetivo primordial é o armazenamento temporário do excesso do escoamento no reservatório para sua



liberação defasada, e com pico amortecido.

No caso do controle de cheias por reservatórios, podem ser utilizados dois tipos de controle: (1) em linha (*in line*), quando o reservatório é implantado no próprio curso de água, e (2) fora da linha (*off line*), quando as vazões em excesso são desviadas para uma área de armazenamento temporário paralela ao curso de água, do qual o escoamento mais tarde retorna ao rio ou córrego, de forma controlada.

Quando os reservatórios são de volumes relativamente pequenos (da ordem de alguns milhares de m<sup>3</sup>) são freqüentemente designados como bacias de detenção controlando neste caso pequenos córregos ou áreas de drenagem inferiores a 10 km<sup>2</sup>.

A liberação da descarga para jusante pode se efetuar mediante órgãos de descarga controlados (comportas) ou automáticos onde a vazão é determinada pelo nível de água no reservatório.

As principais vantagens da adoção de reservatórios no controle de cheias são que não se transfere o problema para jusante, e o fato de poder beneficiar uma grande área afetada pelas inundações. Por outro lado, as suas principais desvantagens são que geralmente é uma solução dispendiosa, particularmente em áreas urbanas pelo elevado custo das desapropriações, e que se tornam inoperantes para cheias maiores que a de projeto. Assim tendem a eliminar as cheias pequenas e médias, mas não as realmente grandes, aumentando consideravelmente o intervalo entre enchentes. Isso cria uma falsa segurança a jusante, incentivando a população a ocupar áreas anteriormente sujeitas a inundações, com conseqüências desastrosas no caso da ocorrência de uma cheia excepcionalmente grande que o reservatório é incapaz de reter.

(ii) Melhoria das condições de escoamento do canal:

Neste grupo de medidas incluem-se as execuções de dragagens, de obras de retificação, revestimento e canalização de cursos de água. A utilização destes tipos de medidas tem como objetivo principal a ampliação da capacidade de escoamento do curso de água, proporcionada pelo aumento da seção, diminuição da rugosidade ou aumento da declividade do canal.

O efeito positivo da adoção deste tipo de medidas é a redução das inundações no trecho do canal onde houve a melhoria. Já como principais efeitos negativos podem-se citar: a transferência do problema de inundação para jusante, a menos que a jusante do trecho melhorado exista um corpo de água tão grande (mar ou grande lago) que o nível deste não seja influenciado pelo escoamento no canal melhorado. Cabe mencionar que, devido aos seus impactos negativos sobre o trecho de jusante, a tendência da drenagem moderna tem sido reduzir o emprego deste tipo de medidas.

Muitas vezes também se constroem um caminho de escoamento alternativo paralelo usado apenas por ocasião de cheias (*floodways*). Fora da ocorrência de cheias esses caminhos alternativos podem ser usados para outras finalidades, como transporte e recreação.

No caso de terrenos aluviais com ausência de rochas este tipo de medida tem sido a mais atraente economicamente. No caso de terreno rochoso geralmente os custos dessa solução não são competitivos.

(iii) Diques e polders:

Esta alternativa permite a proteção localizada para uma região ribeirinha,

podendo ser um meio efetivo de controle das inundações. Os diques são normalmente construídos de terra, enrocamento ou concreto, dependendo das condições locais. Quando o nível de água do rio sobe acima da cota das várzeas adjacentes estes dispositivos impedem a entrada de água do rio nessas áreas, agora denominadas de polderes, permitindo o seu aproveitamento para usos variados.

Deve-se notar que durante a cheia o nível de água no rio está acima dos terrenos vizinhos de modo que águas pluviais e esgoto precisam ser bombeados para fora dos polderes.

No seu planejamento e projeto, deve ser evitado o estreitamento excessivo da área de escoamento do rio, de forma a assegurar que não ocorra um aumento significativo dos níveis de água a montante. Deve-se também evitar a construção de diques de grandes alturas, pois além de representar custos excessivos, existe sempre o risco de rompimento, quando então os danos são excepcionais, muito maiores do que se a obra não existisse.

Um aspecto positivo deste tipo de medidas é que as comunidades podem atuar unilateralmente, às suas próprias expensas, desde que sejam levados em conta os impactos da medida a montante e a jusante. Como principais fatores negativos têm-se os custos da operação e manutenção, que exigem gastos contínuos com pessoal e equipamentos e a criação de um falso senso de segurança, o que conjugado com uma manutenção precária, pode em consequência de uma ruptura ocasionar inundações catastróficas, em áreas aparentemente bem protegidas.

(iv) Regulamentação do uso e ocupação do solo:

As disposições contidas nas leis de uso e ocupação do solo são elementos de grande importância nas questões relacionadas ao controle de inundações, uma vez que as condições de produção e ocupação do espaço urbano irão atuar na impermeabilização do solo, implantação de sistema de drenagem urbana e redução da vegetação arbórea, influenciando os processos hidrológicos envolvidos no escoamento das águas pluviais.

A principal aplicação deste tipo de medida consiste na definição do zoneamento de áreas de inundação, que após definir as cotas de inundação para diferentes riscos em um mapa da área envolvida, utiliza esse mapa de enchente para definir um conjunto de regras para a construção e ocupação das áreas de risco. Dessa forma procura-se garantir que haja uma ocupação racional das áreas ribeirinhas, evitando-se perdas materiais e humanas. Outro exemplo no qual este tipo de medida pode ser aplicado é na redução dos índices de impermeabilização, sugerindo o uso de dispositivos (ações estruturais) de infiltração como pavimentos permeáveis, ou incentivando à preservação da vegetação arbórea existente nos lotes, para conseguir uma maior permeabilização do solo nos terrenos e um aumento da interceptação pluvial.

(v) Sistemas de previsão e alerta com plano de evacuação:

Estas medidas têm como objetivo melhorar a gestão da situação de crise na ocorrência de enchentes, permitindo reduzir o número de sinistrados e, conseqüentemente, os prejuízos ligados às enchentes. Também a remoção antecipada

de pertences (móveis e utensílios) para áreas seguras a salvo da cheia surge como possibilidade dessa medida.

Os sistemas de previsão consistem basicamente em uma rede de postos de observação de chuvas e vazões em tempo real, acopladas a um modelo hidrológico que permite prever a ocorrência de cheias com antecedência e segurança, informar as pessoas em tempo hábil sobre a provável ocorrência deste evento e os seus limites, afim de que elas e alguns de seus pertences possam ser evacuados da zona a ser atingida, através da implementação de planos de contingência, coordenados pela Defesa Civil.

Constitui-se numa forma muito eficaz de diminuir perdas potenciais devido à inundação, pois ainda que o alerta seja feito com pouca antecedência, já é suficiente pelo menos para prevenir a perda de vidas humanas. Entretanto, sua confiabilidade depende muito de um monitoramento eficiente das chuvas e dos níveis de água a montante das áreas inundáveis, além da aplicação adequada de modelos matemáticos, às vezes complexos, de previsão hidrológica e meteorológica.

(vi) Seguros de inundação:

Algumas sociedades têm aprendido a conviver com cheias e adotam diversas medidas para minimizar os danos destes eventos. Entre estes esquemas de minimização de prejuízos, destacam-se os seguros contra inundações, que cobrem perdas físicas geradas pelas cheias. O número de seguros contra este tipo de desastre vem aumentando mundialmente, mais rapidamente em alguns países do que em outros.

Nos EUA o seguro de inundação é uma das modalidades de medidas não-estruturais mais utilizadas, oriundo de um esforço desenvolvido a nível federal, através do Plano Federal de Seguros. Neste país, a adoção deste tipo de medida contribuiu, fortemente, para disseminar a delimitação e a regulamentação das áreas sujeitas a inundações.

A aplicação desta medida nos EUA se dá através da avaliação das áreas de risco de inundação pelo órgão público responsável, sendo posteriormente os proprietários ou locatários de imóveis localizados nestas áreas de risco informados sobre a necessidade de contratar um seguro, mesmo no caso de estarem sendo feitas melhorias no sistema de drenagem superficial. Nesse caso, após as melhorias, é feito um recálculo do prêmio do seguro que depende do período de retorno da cheia que atinge o imóvel. Do ponto de vista do segurado, a principal virtude desse tipo de medida é o de cobrir os eventuais danos financeiros causados pelas inundações.

A contratação do seguro de enchente, para ser efetivo como medida de controle deve ser obrigatório para todos os moradores de áreas de risco. Nos EUA a área de risco abrange toda a área sujeita a cheias de período de retorno igual ou inferior a 100 anos. Essas áreas são designadas como planícies de inundação (*floodplain*).

### 2.3 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DE PROJETOS DE CONTROLE DE CHEIAS

A análise custo-benefício (ACB) vem sendo empregada desde longa data como instrumento na avaliação de projetos e políticas, em diversos setores, incluindo-se

projetos relacionados com recursos hídricos. Em geral, a seleção e análise de projetos de recursos hídricos, tanto no Brasil como em outros países, baseia-se tradicionalmente em três critérios fundamentais: (1) a viabilidade técnica, (2) a segurança, e (3) a eficiência econômica. Mais recentemente um quarto critério tem sido acrescentado qual seja a chamada sustentabilidade ambiental. De acordo com SALGADO (1995), uma das formas e talvez a mais usual de se avaliar a eficiência econômica tem sido a análise de custo-benefício.

O procedimento básico da aplicação deste critério de avaliação consiste na identificação e na comparação entre dois estados: o primeiro corresponde à situação do sistema sem a execução do projeto em análise, e o segundo a nova posição do sistema com a concretização da alternativa proposta. Uma vez identificados, esses dois estados são avaliados e comparados os custos e benefícios incrementais do sistema que são associados ao projeto em questão. Nesse contexto, sistema é o conjunto de obras, equipamentos e recursos humanos atuando em conjunto e destinados a atender determinada demanda da população por bens ou serviços específicos.

A principal vantagem da avaliação de projetos através da utilização de uma abordagem custo-benefício, é que a mesma proporciona maior objetividade ao processo, evitando-se a tomada de decisões subjetivas, pouco transparentes, baseadas em princípio na experiência dos decisores, mas freqüentemente também fruto de interesses espúrios, o que muitas vezes leva ao fracasso financeiro do projeto e do órgão executor.

Como as principais variáveis hidrológicas apresentam caráter essencialmente aleatório, no caso de projetos vinculados a recursos hídricos os benefícios só podem ser avaliados probabilisticamente, o que exige neste caso clareza sobre qual a estatística que deva ser maximizada na seleção dos projetos (valor esperado dos benefícios, o maior valor do mínimo benefício).

Os projetos de drenagem e controle de cheias urbanas envolvem, em geral, a aplicação de elevados volumes de investimentos. Este fato, combinado com a escassez de recursos financeiros na maioria dos órgãos públicos encarregados da implementação deste tipo de intervenção, torna importante nesse caso a análise custo-benefício, visando auxiliar os decisores na seleção das medidas e ações a serem tomadas no controle de cheias.

Conforme comentários de GRANT et al.<sup>6</sup> (apud MARIN, 2001, p.39), “apesar dos órgãos públicos não visarem lucro em suas ações e considerando o orçamento limitado de recursos financeiros, disputado pelos diversos segmentos da sociedade, através de múltiplos interesses, muitas vezes conflitantes entre si, é particularmente desejável que os processos decisórios quanto a prestação de serviços públicos sejam calcados em análise econômica”.

Contudo, cabe mencionar que a análise econômica de ações públicas, que visam a provisão de bens e serviços que melhorem a qualidade de vida e bem-estar da população, possui uma complexidade distinta da análise econômica de prestação de serviços por empresa privada. A diferença principal está em que, no caso do grupo

---

<sup>6</sup> GRANT, E. L.; IRESON, W. G.; LEAVENWORTH, R. S. **Principles of engineering economy**. 6. ed. United States of America: John Wiley & Sons, Inc, 1976.



privado, a análise é feita procurando-se identificar a alternativa que possibilita máximo lucro com o mínimo de investimento, restrito evidentemente às limitações dos recursos disponíveis. Por outro lado, no caso da administração pública, a qual não visa a obtenção de lucro, utiliza-se a análise econômica para procurar identificar qual o investimento que otimizará o bem-estar social, também restrito as limitações do orçamento. Assim no caso da administração pública o benefício muitas vezes será usufruído por agentes distintos dos que arcam com os custos, geralmente obtidos via impostos e taxas.

Desta forma, duas abordagens diferenciadas podem ser utilizadas para a análise de projetos, as quais são comumente conhecidas como avaliação financeira e avaliação econômica. TAVARES E LANNA (1998, p. 6) destacam que,

A primeira diz respeito à consideração dos preços de mercado e ao fluxo de caixa, enquanto que a segunda deve levar em consideração o valor econômico total dos efeitos diretos e indiretos do projeto sobre o ambiente e o bem-estar social. Pode-se dizer que a análise financeira é geralmente realizada sob o ponto de vista privado, enquanto que a avaliação econômica é realizada sob o ponto de vista social.

Considerando isto, conclui-se que para a análise e comparação de alternativas de medidas de controle de inundações, mostra-se mais apropriada a utilização da avaliação dita econômica, ao invés da financeira, pois estes tipos de intervenções fazem parte do conjunto de ações públicas que visam a melhoria das condições de vida da população. Isto posto, pretende-se a seguir abordar as questões relacionadas à análise econômica de projetos de controle de cheias, principalmente no que se refere à avaliação de benefícios econômicos deste tipo de intervenção.

Para que uma avaliação econômica proporcione indicadores confiáveis e satisfatórios, resulta necessária uma criteriosa estimativa de custos e benefícios do

conjunto de alternativas analisadas, que no caso específico abordado neste estudo, corresponderia aos diferentes cenários de medidas de controle de cheias política e tecnicamente viáveis. A avaliação dos custos, neste caso, consiste na elaboração de orçamentos detalhados das diferentes obras e/ou desapropriações necessárias, o que não é uma tarefa simples, mas que não será discutida com maiores detalhes, pois não faz parte do escopo deste estudo.

Por sua vez, a avaliação dos benefícios gerados por projetos de controle de cheias é bastante complexa e composta por diversas parcelas. De acordo com SALGADO (1995), uma das formas mais conhecida de se avaliar os benefícios de intervenções deste tipo é estimando a diferença entre os prejuízos ocasionados por inundações para as situações sem e com a execução do projeto em análise, sendo esta técnica comumente denominada de método do dano evitado. Desta forma, a avaliação de benefícios por este método requer a estimativa dos danos provocados pelas inundações que, segundo este mesmo autor, podem ser classificados em tangíveis e intangíveis, sendo que os tangíveis são aqueles que podem ser quantificados monetariamente, enquanto os intangíveis não. Como exemplos de danos intangíveis pode-se citar a perda de vidas humanas, a queda no nível de saúde pública, e a perda de bens culturais ou históricos.

Por sua vez, ainda segundo SALGADO (1995), os danos tangíveis podem ser classificados em diretos e indiretos. Como danos diretos podem ser citados os prejuízos materiais dos itens danificados pelo contato direto com a inundação (e.g. edificações, móveis, eletrodomésticos). Já os indiretos abrangem entre outros os

prejuízos da interrupção de atividades comerciais e industriais, os gastos com atendimentos hospitalares devido a doenças por veiculação hídrica, os custos devido à interrupção do sistema viário e ausência no trabalho das pessoas atingidas pela cheia.

Como pode ser observado, a avaliação dos benefícios resultantes do controle de cheias através da estimativa dos danos evitados constitui-se num processo bastante complexo e dispendioso, em função da enorme quantidade de detalhes a serem considerados. Levantamentos e estimativas dos prejuízos de cheias passadas existem, mas estimativas de sua variabilidade em função de medidas de controle hipotéticas ainda são pouco confiáveis, principalmente no que tange os danos indiretos.

Considerando isto, e o fato de que dentro dos benefícios advindos do controle de inundações tem-se ainda uma parcela importante que resulta na valorização do preço de propriedades dentro da área de risco, optou-se por desenvolver neste trabalho uma metodologia de avaliação de benefícios econômicos do controle de cheias baseada nesta parcela, através da aplicação do método dos preços hedônicos. Os detalhes sobre a metodologia proposta são apresentados nos capítulos 4 e 5 desta dissertação.

O objetivo pretendido ao se desenvolver esta metodologia é o de proporcionar uma ferramenta simples, que possibilite a quantificação de benefícios econômicos advindos da implantação de medidas de controle de cheias, que possa servir de base para a análise econômica de investimentos em intervenções deste tipo, auxiliando os decisores na escolha da melhor alternativa que atenda a meta estabelecida e na alocação eficiente dos recursos financeiros disponíveis.

Cabe ressaltar que a cobertura do valor dos benefícios econômicos do controle de cheias, estimados através da metodologia proposta neste trabalho, se dá de forma limitada, pois a mesma não abrange a quantificação de todas as parcelas que compõem os benefícios econômicos gerados pelo controle de inundações. Logo, a valoração econômica dos benefícios econômicos do controle de cheias estimada desta forma representa apenas parcialmente o seu valor perante a sociedade.

Pode-se argumentar que os prejuízos diretos provocados pelas cheias já estão de certa forma embutidos na valorização da propriedade pelo mercado imobiliário, entretanto os custos indiretos principalmente quando incorridos por terceiros certamente não estão considerados.

Porém, mesmo com a existência destas limitações, considera-se que os benefícios estimados utilizando a metodologia proposta, quando cotejados com os custos da realização das intervenções correspondentes, poderão fornecer indicadores suficientes visando orientar a tomada de decisões em intervenções de controle hídrico, principalmente na hierarquização de diferentes alternativas. Cabe ressaltar ainda que o resultado da análise de benefícios e custos no caso de controle de cheias constitui-se em apenas um dos indicadores de tomada de decisão, dentro de um contexto que muitas vezes envolve questões políticas e estratégicas, como a ação pública atuando no estímulo das atividades econômicas, no direcionamento da expansão urbana, na geração de empregos e no incremento da renda.

Por fim, tendo-se obtido uma estimativa dos valores relativos aos custos e benefícios associados às alternativas analisadas, efetua-se a análise custo-benefício

(ACB), que pode ser feita com base em indicadores diferentes, sendo a seguir descritos de forma sucinta os mais freqüentemente relacionados na literatura.

(i) Valor Presente Líquido (VPL)

Consiste em obter o saldo entre o valor presente da série de benefícios anuais gerado pelo projeto  $B_t$  e o valor presente da série de custos anuais do projeto  $C_t$  ao longo da vida útil do projeto, considerando uma taxa de desconto  $i$ . O VPL é expresso matematicamente pela seguinte equação:

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \quad t = 1, 2, \dots, n \quad (2.1)$$

onde  $n$  é a vida útil do projeto.

Na escolha entre projetos alternativos utilizando este indicador, a preferência recai sobre aquele com maior VPL, desde que as vidas úteis dos projetos tenham sido devidamente ajustadas para um mesmo horizonte de planejamento. Nota-se, entretanto, que o ordenamento resultante deste indicador depende fortemente da taxa de desconto  $i$  e da vida útil estipulada para cada alternativa.

(ii) Relação Benefício/Custo (B/C)

Consiste no quociente entre os fluxos atualizados de benefícios e custos, sendo a equação que expressa matematicamente esta relação apresentada a seguir:

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (2.2)$$

Onde:

$B_t$  é o benefício no ano  $t$ , com  $t$  variando de 1 a  $n$ ;

$C_t$  é o custo no ano  $t$ , com  $t$  variando de 1 a  $n$ ;

$i$  é a taxa de desconto.

O índice B/C é uma medida do retorno por unidade de capital investido, podendo as ordenações das alternativas serem indicadas de acordo com as magnitudes de B/C.

(iii) Taxa Interna de Retorno (TIR)

A TIR, por definição, é a taxa de desconto que torna o valor presente líquido de um projeto igual a zero, conforme mostrado na equação a seguir:

$$\sum_{t=1}^n \frac{(B_t - C_t)}{(1 + \text{TIR})^t} = 0 \quad (2.3)$$

Onde:

$B_t$  é o benefício no ano  $t$ , com  $t$  variando de 1 a  $n$ ;

$C_t$  é o custo no ano  $t$ , com  $t$  variando de 1 a  $n$ ;

TIR é a taxa interna de retorno.

O projeto será economicamente viável quando a TIR for maior que a taxa mínima de atratividade, e a atratividade será tanto maior quanto maior for a TIR.

É importante ainda na análise econômica verificar as restrições orçamentárias pois muitas vezes o projeto de máxima TIR, B/C, ou VPL não pode ser executado pelo fato dos investimentos excederem às restrições orçamentárias. Desconsiderar esse aspecto leva a obras inacabadas e paralisadas com benefício nulo. A verificação da adequação às restrições orçamentárias geralmente é feita através do fluxo de caixa que acumula o saldo de benefícios e custos ao longo da vida útil do projeto.

Finalmente, cabe mencionar que, ao se analisar uma gama de alternativas disponíveis, o ordenamento de ações resultantes pode variar em função do indicador escolhido, sendo que cada um dos indicadores econômicos mencionados, VPL, B/C e TIR, pode conduzir a diferentes resultados quanto ao projeto de maior viabilidade. Portanto, faz-se necessário identificar qual o indicador que deverá ser levado em conta para considerar a viabilidade do projeto.

Segundo KUIPER<sup>7</sup> (apud MARIN, 2001, p. 46) “a escolha do indicador econômico depende das circunstâncias na qual o projeto está envolvido. As circunstâncias mencionadas pelo autor são a disponibilidade de recursos financeiros, a exequibilidade do projeto e a utilização da taxa de desconto mais apropriada”.

Evidentemente projetos com VPL negativo, B/C inferior a unidade ou TIR menor que a taxa mínima de atratividade não são economicamente viáveis e em princípio devem ser descartados. Entretanto uma análise cuidadosa da taxa de desconto usada, que pode diferir bastante da taxa de juros comercial cobrada pelos bancos, é imprescindível. Há de se verificar cuidadosamente entre outras considerações o efeito da inflação e do risco nessa análise. Também no caso de projetos que envolvem equipamentos importados ou financiados em moeda estrangeira há de se analisar cuidadosamente a taxa de câmbio a ser usada.

Um método simples de avaliar o efeito das incertezas na análise de projetos, incluindo aquelas originadas pela complexidade das relações econômicas envolvidas, consiste em variar a magnitude dos parâmetros ou variáveis de valor incerto, e

---

<sup>7</sup> KUIPER, E. **Water resources project economics**. London: Butterworths, [197?]. 447 p

examinar a diferença entre os resultados. Este método é referido na literatura geralmente como “análise de sensibilidade” (e.g. LOUCKS et al., 1981) e permite identificar os parâmetros ou variáveis cuja variação produz os maiores impactos nos resultados. Se tais incertezas devem ser reduzidas por estudos ou coleta de dados adicionais, depende do custo da informação adicional e o possível benefício resultante do ganho de confiabilidade dos resultados.

## 2.4 GESTÃO DO PROBLEMA DE INUNDAÇÕES

Conforme mencionado anteriormente, o problema das enchentes urbanas tem aumentado significativamente nas ultimas décadas, tanto em frequência quanto em magnitude, tornando-se um problema crônico que atinge a maioria das médias e grandes cidades. O agravamento deste problema, verificado em várias regiões do país nos últimos anos, expôs a fragilidade dos sistemas de drenagem e controle de cheias existentes na maioria das áreas urbanas brasileiras e fez com que viessem à tona diversas dúvidas e questionamentos a respeito da eficiência das políticas e ações que vem sendo adotadas tradicionalmente no Brasil. Como resultado desta situação, e fruto do grande volume de pesquisas sobre o tema, surgiu uma nova abordagem para tratar a questão das cheias urbanas, baseada em conceitos modernos de planejamento, gerenciamento e gestão. A seguir faz-se uma breve discussão das características e princípios gerais destas duas abordagens, denominadas neste trabalho de tradicional e moderna, respectivamente.

Dentro do contexto da abordagem tradicional, de um modo geral, as



intervenções de drenagem urbana e controle de inundações têm sido realizadas de forma desintegrada, conduzidas nos moldes da ação setorial, atuando sempre sobre problemas pontuais, e quase nunca desenvolvendo um planejamento preventivo e indutor de mudanças.

A tendência comum na prática tradicional de projetos de drenagem urbana tem sido a de adotar soluções localizadas para os alagamentos, baseadas na análise particular e pontual de um trecho da bacia, sem levar em conta as conseqüências para o restante da bacia. Esse procedimento freqüentemente resulta em que o problema de inundação acaba apenas sendo transferido de um lugar para outro na bacia, ou para o futuro. Os projetos de drenagem realizados dentro desse enfoque tendem ainda a resolver apenas o problema localizado analisado no momento do projeto, e muitas vezes tem ocasionado impactos significativos nas regiões de jusante.

O tipo de medida mais utilizada, particularmente para cursos de água menores, tem sido a dragagem, retificação e canalização dos rios que atravessam as cidades. Em função da continuada impermeabilização das bacias de drenagem, em geral, essas soluções logo se tornam insuficientes para escoar as vazões cada vez maiores. Assim, a maioria dos sistemas de drenagem e controle de cheias oriundos desse enfoque foram concebidos baseados na premissa de “livrar-se da enchente o mais rápido possível”, ou seja, adotando-se como princípio a evacuação rápida dos excessos pluviais. De acordo com POMPEO (2000, p. 16), “Esta visão, que ainda predomina em alguns meios técnicos, focaliza o controle do escoamento na própria calha do curso de água, dando pequena importância à geração do escoamento nas superfícies urbanizadas”.

Outro problema recente dos sistemas de drenagem nas cidades brasileiras tem a ver com a manutenção precária desses sistemas que muitas vezes compromete o seu funcionamento adequado durante as cheias (e.g. acúmulo de lixo e sedimentos).

Desta forma, a aplicação da abordagem tradicional de drenagem, aliado ao rápido crescimento da população urbana, de forma desordenada e descontrolada, trouxe um cenário caótico para a maioria das grandes e médias cidades brasileiras. Na prática acabou-se ocasionando o aumento, em várias ordens de magnitude, da vazão máxima de escoamento, da frequência e do nível de inundação de jusante, processo ilustrado na figura 2.4. Com base nisto, pode-se afirmar que, além de não solucionar realmente os problemas, a adoção da abordagem tradicional acabou muitas vezes piorando a inundação de trechos de jusante, gerando situações que estão se tornando cada vez mais insustentáveis.

FIGURA 2.4 –IMPACTO DA DRENAGEM URBANA TRADICIONAL



FONTE: BRASIL (2003)

Entretanto, cabe mencionar que, dentro da realidade brasileira, o aumento e o agravamento dos problemas de inundação não são decorrentes somente da filosofia errônea ou inadequada dos projetos de drenagem advindos da adoção da abordagem tradicional. Não menos importantes são os aspectos relacionados às questões gerenciais, políticas, financeiras, culturais, entre outros, que no caso específico do Brasil, possuem relevância bastante significativa.

Grande parte dos problemas decorre da falta de capacidade de planejamento e gerenciamento por parte dos órgãos públicos encarregados do setor, particularmente nos pequenos municípios da periferia das regiões metropolitanas. Somado a isso, a escassez crônica de recursos financeiros dos diversos setores da administração pública, faz com que prevaleça, quase sempre, a tendência viciosa de se atuar corretivamente em pontos isolados da bacia, sendo que a escolha desses locais é freqüentemente desprovida de quaisquer critérios técnicos. Outro aspecto que influencia sobremaneira as decisões em intervenções de drenagem urbana refere-se à questão política, que faz com que, invariavelmente, as ações corretivas de médio e longo prazos sejam relegadas a segundo plano, devido ao populismo imediatista frente aos propósitos eleitorais periódicos, a cada quatro anos.

Outro aspecto negativo a ser ressaltado refere-se à falta de continuidade na execução de ações preventivas ou corretivas de inundações no Brasil, em que geralmente o atendimento a enchente é realizado somente depois de sua ocorrência, sendo a tendência usual que o problema logo fique no esquecimento após cada

enchente, retornando na seguinte. Isso se deve a vários fatores, entre os quais podem ser citados (TUCCI, 1995, p. 25):

- falta de conhecimento sobre controle de enchentes por parte dos planejadores urbanos;
- desorganização, a níveis federal e estadual, sobre controle de enchentes;
- pouca informação técnica sobre o assunto a nível de graduação na Engenharia;
- o desgaste político para o administrador público, resultante do controle não-estrutural (zoneamento), já que a população está sempre esperando uma obra hidráulica;
- falta de educação da população sobre controle de enchentes.

Como comentário final, vale a pena mencionar que a gestão tradicional do controle de enchentes sempre foi inercial e aleatória, dependendo da ocorrência de cheias e da disposição momentânea do governo em exercício. Além disso, a responsabilidade pelo controle de cheias ficou, durante décadas, a cargo de um setor, cuja visão dos recursos hídricos correspondia ao modelo “calha de chuva”<sup>8</sup>, visão esta que continua persistindo na maior parte das administrações públicas do país (FRANK, 1995).

Como pode ser observado, a solução, ou pelo menos minimização, dos graves problemas de enchentes urbanas atualmente existentes no Brasil envolve uma série de fatores bastante complexos, sendo requerida a mudança, algumas vezes radical, de diversos paradigmas e práticas que vem sendo utilizadas a muito tempo. Isso não se constitui numa tarefa simples, porém necessária de ser realizada. Deve-se modificar, principalmente, a visão técnica e política equivocada das obras de controle enchentes. Essas ações requerem um processo lento de educação de diferentes segmentos da sociedade e particularmente de profissionais da área, por se tratar de conceitos novos

---

<sup>8</sup> A abordagem “calha da chuva” é aquela em que a bacia hidrográfica é o telhado, o rio é a calha e o mar é a boca de lobo (GARBRECHT, 1992 apud FRANK, 1995).

que ainda não estão sedimentados na prática profissional.

BAPTISTA E NASCIMENTO (2002, p. 48) destacam que, “Uma nova abordagem para tratar a questão da drenagem urbana, mais elaborada e integrada, plenamente sintonizada com os princípios de desenvolvimento sustentável, se impõe. Sua adoção representa, porém, um importante desafio para as municipalidades, levando ao questionamento, tanto dos aspectos puramente técnicos, como das próprias estruturas jurídicas e organizacionais atualmente adotadas”.

De acordo com POMPEO (2000, p. 17), “A perspectiva da sustentabilidade associada à drenagem urbana introduz uma nova forma de direcionamento das ações, baseada no reconhecimento da complexidade das relações entre os ecossistemas naturais, o sistema urbano artificial e a sociedade. Esta postura exige que drenagem e controle de cheias em áreas urbanas sejam reconceitualizadas em termos técnicos e gerenciais”.

Cabe mencionar que, mesmo com todas as dificuldades e complexidades envolvidas no processo, a gestão da drenagem e controle de cheias vem sofrendo importantes transformações nos seus conceitos e paradigmas, induzidas principalmente pelas mudanças de princípios básicos da gestão da água introduzidas na nova política brasileira de gerenciamento dos recursos hídricos, cujos fundamentos estão consubstanciados na Lei nº 9.433, de janeiro de 1997. MARIN (2001, p. 24) destaca que, “Segundo os especialistas, a Lei nº 9.433/97 contém os mais modernos preceitos de gestão de águas e trata-se de um marco histórico, que vem ao encontro de uma grande expectativa da sociedade que trabalha ou participa do assunto”.

Ainda segundo comentários de MARIN (2001), a lei mencionada dispõe sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos e sobre a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Os seus fundamentos, que se constituem na base da nova gestão da água, estão enraizados na visão sistêmica, cuja unidade é a bacia hidrográfica, levando em consideração as múltiplas vertentes que ultrapassam os aspectos meramente hidrológicos e hidráulicos da disponibilização dos recursos hídricos. A principal questão do planejamento passa a ser a compatibilização entre necessidades e disponibilidades, no espaço e no tempo, em quantidade e qualidade.

Desta forma, tomando como base a nova política brasileira de gerenciamento dos recursos hídricos, a abordagem moderna da drenagem e controle de cheias, que busca alcançar uma drenagem urbana sustentável, tem como principais fundamentos a adoção de uma visão sistêmica, integrada e participativa.

A mudança introduzida pela visão sistêmica refere-se ao fato da bacia hidrográfica ser considerada como unidade apropriada para o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, e não mais as unidades políticas e administrativas. O termo bacia hidrográfica define um espaço geográfico delimitado pelos divisores de água de modo que o escoamento superficial dessa área converge para a exutória do curso de água em questão. FRANK (1995, p. 10) afirma que, "Há uma certa unanimidade em tornar a bacia hidrográfica como unidade territorial para a tarefa do gerenciamento, do manejo, do aproveitamento ou do planejamento dos recursos hídricos".

A bacia hidrográfica, com toda sua complexidade e riqueza, vem sendo desconsiderada na abordagem tradicional de controle de inundações, onde os projetos tem sido concebidos adotando-se uma visão pontual, visando solucionar problemas localizados de um trecho da bacia, como se o fenômeno da enchente pudesse ser considerado de modo independente da constituição física e da ocupação humana em toda a extensão da bacia hidrográfica. Isso levou à implementação, em diversas situações, de projetos de drenagem urbana e controle de cheias inadequados, pois muitas vezes, uma alternativa pode ser aparentemente razoável quando pensada e planejada isoladamente, mas inviável ou ineficiente, quando o conjunto da bacia como um todo é avaliado.

Vale a pena mencionar que, o uso da bacia hidrográfica como unidade de gestão proporciona inúmeras vantagens, porém apresenta também certos problemas. LANNA<sup>9</sup> (apud BRAGA; CARVALHO, 2003), embora considere a bacia hidrográfica como unidade fundamental de intervenção, alerta para a desvantagem de seu uso relacionada ao fato de que nem sempre os limites municipais e estaduais respeitam os divisores de bacia. Conseqüentemente, a dimensão espacial de algumas intervenções de caráter econômico e político podem acabar gerando conflitos de difícil solução.

Outro conceito importante em que se baseia a abordagem moderna diz respeito à necessidade urgente de adoção de um gerenciamento integrado de bacias hidrográficas, que tenha como premissa coordenar e desenvolver harmonicamente os múltiplos usos da água de uma bacia, envolvendo processos de desenvolvimento tanto

---

<sup>9</sup> LANNA, Antonio Eduardo Leão. **Gerenciamento de bacia hidrográfica**: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília: IBAMA, 1995.

dentro como fora da bacia, que muitas vezes extrapolam o âmbito dos recursos hídricos para incluir outros aspectos de planejamento sócio-econômico ou regional.

Desta forma, “a drenagem urbana não pode e não deve ser considerada isoladamente no âmbito do cenário de desenvolvimento urbano, já que são inúmeras as interfaces desse setor com a questão fundiária urbana e com os processos de esgotamento sanitário, de gestão dos resíduos sólidos urbanos, de planejamento do uso do solo urbano, de transporte urbano e de conservação ambiental” (BRASIL, 2003).

Dentro do contexto da abordagem moderna, não é mais permitido considerar que o sub-sistema de drenagem seja tratado de forma isolada dos diversos outros sub-sistemas que constituem a organização das atividades urbanas, fazendo parte de uma rede complexa, devendo, portanto, ser articulado com os outros sub-sistemas, possibilitando a melhoria do ambiente urbano de forma ampla e harmônica.

Segundo comentários de BRASIL (2003), a abordagem moderna da drenagem urbana deve envolver o planejamento integrado da água na cidade e incorporar o princípio de elaboração de um Plano Diretor de Drenagem Urbana, que contemple ações integradas de abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana, gestão do resíduo sólido, drenagem urbana, controle de inundação ribeirinha, transporte e conservação ambiental, relacionando-as com a variável-chave da qualidade ambiental e de vida do município, que é a ocupação e o aproveitamento do solo urbano. Atualmente já aceita-se o fato que existe uma forte inter-relação entre os serviços que se relacionam com a água no ambiente urbano, e que quando as ações são planejadas de forma isolada, no âmbito de planos setoriais, certamente ocorrerão



prejuízos para a sociedade. Na Figura 2.5, pode-se observar a representação do planejamento integrado de serviços urbanos essenciais, relacionados com a água no meio urbano.

**FIGURA 2.5 - VISÃO INTEGRADA DO PLANEJAMENTO DOS ASPECTOS DA ÁGUA NO AMBIENTE URBANO**



FONTE: BRASIL (2003)

Cabe mencionar que a implementação do planejamento integrado, dentro da organização político-institucional brasileira, não vai ser uma tarefa fácil. A maior dificuldade encontrada decorre, essencialmente, da limitada capacidade institucional dos municípios para enfrentar problemas tão complexos e interdisciplinares, além do fato da gestão municipal ser organizada essencialmente na forma setorial.

Finalmente, ao se falar da abordagem moderna da drenagem e controle de cheias, não se pode deixar de mencionar a necessidade de introduzir o princípio da gestão participativa, em que o gerenciamento é compartilhado pelos diversos

segmentos da sociedade, que incluem os profissionais, técnicos capacitados dos diversos setores envolvidos, a administração pública, as diferentes categorias de usuários da água da bacia (e.g. indústrias, agricultores, concessionárias de serviços públicos) e principalmente representantes da população local, que em princípio deveria se constituir na parte mais interessada na resolução do problema em questão. TUCCI E GENZ (1995, p. 277) recomendam que o controle de enchentes urbanas, “não deve ser visto como uma ação isolada, seja no tempo ou no espaço, mas como uma atividade em que a sociedade, como um todo, deve participar, de forma contínua”.

Para finalizar a descrição da abordagem moderna, transcrevesse aqui um comentário realizado por YASSUDA<sup>10</sup> (apud FRANK 1995, p. 112),

O modelo de gerenciamento de bacias hidrográficas baseado em integração participativa implica, portanto, o comprometimento consciente da sociedade e dos usuários da água, após acaloradas discussões a respeito de custos e do interesse de todos quanto ao sucesso na gestão das águas. Cria-se uma vontade política local, que passa a ser o vetor preponderante do sucesso da Administração Pública na utilização múltipla e integrada dos recursos hídricos e na conseqüente proteção ambiental.

---

<sup>10</sup> YASSUDA, Eduardo R. **O gerenciamento de bacias hidrográficas**. Cadernos FUNDAP, São Paulo, v.19, n.16, p. 25-32, 1989.

### **3 VALORAÇÃO ECONÔMICA DO MEIO AMBIENTE**

#### **3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Nas últimas décadas, vem aumentando o interesse entre os pesquisadores e a sociedade em geral pelas questões relacionadas com o meio ambiente. Esse interesse resulta da preocupação com o crescimento vertiginoso da degradação ambiental, ocasionada principalmente pela aplicação de modelos clássicos de desenvolvimento sócio-econômico, baseados no uso abusivo dos recursos naturais.

Como consequência do uso predatório e indiscriminado do meio ambiente, os recursos naturais estão se tornando cada vez mais escassos. Isso tem ocasionado uma mudança do paradigma do desenvolvimento econômico, que tem como base a sustentabilidade do meio ambiente. A ameaça de escassez dos recursos naturais, o que comprometeria o futuro das próximas gerações, fez surgir o conceito de desenvolvimento sustentável, uma solução que procura conciliar o crescimento socioeconômico com a preservação ambiental.

Um dos assuntos mais discutidos na atualidade está em decidir como administrar os recursos ambientais de forma a alcançar o tão almejado desenvolvimento sustentável, cujo princípio básico está fundamentada na premissa que visa o atendimento das necessidades das gerações presentes, sem comprometer a capacidade de uso das gerações futuras.

MARIN (2001, p. 7), afirma que, “Esta nova abordagem caracterizada pelo

desenvolvimento sustentável trata de questões fundamentais quanto à gestão e planejamento dos recursos naturais e a capacidade de gerar consenso entre os diversos agentes, com interesses fundamentalmente diferentes, responsáveis pela tomada de decisões quanto à otimização do bem-estar social”.

Entretanto, particularmente no Brasil, a gestão do meio ambiente ainda se caracteriza pela desarticulação dos diferentes organismos envolvidos, pela falta de coordenação e pela escassez de recursos financeiros e humanos. Essa situação é o resultado de diferentes estratégias adotadas em relação à questão ambiental no contexto do desenvolvimento econômico do Brasil, como destaca MONTEIRO (1981), ao afirmar que a economia brasileira, desde os tempos coloniais, caracterizou-se historicamente por ciclos que enfatizavam a exploração de determinados recursos naturais.

TAVARES, RIBEIRO E LANNA (1998, p. 2) afirmam que, “A avaliação convencional (ou restrita) de projetos e políticas, tem sido alvo de algumas críticas sob o ponto de vista ambiental. Uma das principais deficiências apontadas é a incapacidade para considerar os custos e benefícios ambientais nos mesmos níveis dos custos e benefícios econômicos obtidos diretamente através dos preços de mercado”.

A introdução da valoração econômica ambiental na análise de projetos se mostra cada vez mais necessária, de forma a contabilizar os custos e benefícios decorrentes do consumo de recursos naturais nos processos produtivos. Isso torna possível a avaliação dos fluxos de estoques de recursos naturais limitados e contribui para a definição do uso racional desses dentro do conceito de sustentabilidade. Pode-se

afirmar que a valoração monetária das alterações do meio ambiente se configura como uma nova e poderosa ferramenta dos métodos de avaliação econômica e da administração financeira de projetos e políticas em geral.

De acordo com PEARCE (1993), a avaliação de projetos e programas do meio ambiente não estaria completa sem uma valoração econômica. A elaboração das prioridades para políticas ambientais será mais eficiente caso o valor econômico da alteração do meio ambiente seja conhecido. Um estudo visando o desenvolvimento sustentável de uma nação não estará completo se não houver uma estimativa do valor econômico dos bens e serviços ambientais existentes.

Cabe mencionar que, segundo TAVARES, RIBEIRO E LANNA (1998), nos países desenvolvidos a valoração monetária do meio ambiente já tem sido amplamente utilizada como ferramenta de análise de projetos e políticas, integrando de forma efetiva o processo de tomada de decisão. Porém, nos países em desenvolvimento, dentre eles o Brasil, ainda é pouco freqüente a aplicação prática dos conceitos que servem de base para a valoração econômica ambiental.

Parte dessa deficiência, nos países em desenvolvimento, está provavelmente relacionada à complexidade dos processos de avaliação econômica do meio ambiente. Visto que, conforme comentários de MOTTA (1998), a estimativa de custos e benefícios relativos a uma determinada ação ambiental, nem sempre é trivial, pois requer a capacidade de identificar os impactos e definir critérios que tornem as estimativas comparáveis entre si e no tempo. Esta dificuldade em identificar claramente benefícios e custos ocorre principalmente quando se analisa a viabilidade

econômica e ambiental da implementação de uma ação pública, que visa a provisão de bens e serviços que aumentam o bem-estar das pessoas, de acordo com MARIN (2001).

Quando os custos da degradação ecológica produzidos por terceiros não são devidamente compensados por aqueles que os geram, estes custos são denominados de externalidades. Quando estes custos são compensados pelo agente causador da externalidade, esses são dito internalizados.

A internalização dos custos ambientais decorrentes do processo produtivo constitui-se num passo importante para a preservação do meio ambiente, pois pode conduzir à adoção de meios mais eficientes de se conter a poluição e de exploração racional da energia e recursos naturais. É uma maneira de fazer os consumidores pagarem o custo real do que adquirem, ao invés de repassar indiscriminadamente esses custos à sociedade.

Diante da presença das externalidades ambientais, resulta uma situação oportuna para a intervenção governamental. Essa intervenção pode incluir instrumentos distintos, tais como: delimitação dos direitos de propriedade, estabelecimento de normas ou padrões, instrumentos econômicos e compensações monetárias por danos.

Apesar da intervenção governamental ser legítima, ela não é trivial. No caso da preservação do meio ambiente, esta intervenção é ainda mais complexa visto que os conceitos teóricos e gerenciais desenvolvidos até o momento sobre o assunto são ainda bastante precários e insuficientes. Existe ainda um profundo desconhecimento das

complexas relações da biodiversidade, capacidade de regeneração do ambiente, e seu limite de suporte das intervenções humanas.

Existe um consenso quanto às dificuldades da gestão ambiental. Os atuais problemas podem, contudo, ser classificados em três categorias principais: insuficiência de provisões orçamentárias face aos altos custos de gerenciamento, políticas econômicas indutoras de perdas ambientais, e questões de equidade que dificultam o cumprimento da lei. Assim, é possível afirmar que existe uma clara situação que requer a introdução do critério econômico na gestão ambiental.

Para MARQUES E COMUNE (1997), a necessidade de conceituar o valor econômico do meio ambiente, bem como de desenvolver técnicas para estimar este valor, surge basicamente, do fato incontestável de que a maioria dos bens e serviços relativos a preservação ambiental e as funções providas ao homem pelo ambiente não são transacionadas pelo mercado. Pode-se, inclusive ponderar que a necessidade de estimar valores para os ativos ambientais permite a adoção de medidas que visem a utilização sustentável do recurso.

Embora o uso de recursos ambientais não tenha seu preço reconhecido no mercado, seu valor econômico existe na medida que seu uso altera o nível de produção, consumo e bem-estar da sociedade. Considerando isto, pesquisadores de diversas áreas, especialmente economistas, têm desenvolvido estudos no sentido de esclarecer como os recursos naturais podem ser contabilizados, propondo métodos e técnicas que possibilitem o cálculo do valor econômico do meio ambiente.

### 3.2 O VALOR ECONÔMICO DOS RECURSOS AMBIENTAIS

Conforme já mencionado, o problema principal para a valoração econômica de bens e serviços ambientais está em que a maior parte deles não possui preço de mercado, pois normalmente não fazem parte do processo de compra e venda dos indivíduos, o que acaba dificultando a percepção por parte dos agentes econômicos do valor monetário deste tipo de recurso.

Essa ausência de preço de mercado acontece principalmente devido ao fato de grande parte dos bens e serviços ambientais serem de natureza pública e de livre acesso às pessoas. Não se compra, por exemplo, ar puro, biodiversidade, qualidade da água, o que faz com que o seu valor se torne primordialmente mais implícito do que explícito e acaba sendo em alguns casos, um valor subjetivo.

De acordo com BATEMAN E TURNER<sup>11</sup> citado por NOGUEIRA, MEDEIROS E ARRUDA (2000, p. 86), “A literatura econômica convencional sugere que o valor de um bem ou serviço ambiental pode ser mensurado por meio da preferência individual pela preservação, conservação ou utilização desse bem ou serviço”.

Considerando isto, a tarefa de estimar o valor econômico de bens e serviços ambientais mostra-se bastante complexa, pois requer a identificação das interações entre as atividades humanas e o meio ambiente, sejam estas regidas por leis de mercado ou

---

<sup>11</sup> BATEMAN, I.; TURNER, K. **Valuation of the environment, methods and techniques: the contingent valuation Method**. In: TURNER, R. K., ed. Sustainable environmental economics and management. Principles and practice. London and New York: Belhaven, 1992. Cap.5, p. 120-179.



não. Quando não é possível obter indicadores do valor monetário de um recurso ambiental através da sua relação direta com outros bens e serviços disponíveis no mercado, a solução está em obter este valor de forma indireta. Nesse esforço de tentar estimar preços para os recursos ambientais, principalmente para aqueles que não possuem valor de mercado, originam-se os denominados métodos de valoração econômica ambiental.

Conforme comentários de PEARCE (1993), um dos objetivos dos métodos de valoração é estimar os valores econômicos para os recursos naturais, simulando um mercado hipotético para estes bens sem um preço definido. Não se trata de transformar um bem ambiental num produto de mercado, mas sim mensurar as preferências dos indivíduos sobre as alterações em seu ambiente.

O desenvolvimento de métodos para avaliar economicamente os recursos naturais deve se sustentar, por um lado, na teoria econômica pertinente e, por outro, nas particularidades próprias de cada recurso natural. Na teoria econômica encontram-se os critérios de utilidade, produtividade, escassez, tempo e outros condicionantes do valor e preço dos recursos naturais. Falta ainda considerar a natureza de cada recurso natural, bem como sua localização geográfica, seu estoque, transporte, tecnologia e outros condicionantes que também participam do valor e preço destes recursos.

Idealmente, o valor e preço dos recursos naturais deveriam derivar-se de um modelo amplo, de equilíbrio geral, onde seria considerado todo o conjunto da economia e da natureza do recurso em questão. No entanto, dada a complexidade desta alternativa, estudiosos da teoria microeconômica vêm se esforçando, ao longo dos

tempos, para desenvolver métodos menos complexos, visando suas possibilidades de utilização prática. Isso tem levado ao aprimoramento das técnicas de valoração ambiental já existentes, assim como ao aparecimento de novos métodos, que procuram obter estimativas plausíveis dos valores econômicos dos recursos ambientais, a partir de utilização de artifícios que buscam compensar a inexistência de “mercados aparentes” ou a existência de “mercados muito imperfeitos” para os bens e serviços provenientes do meio ambiente.

Conforme discutido anteriormente, o valor econômico dos recursos ambientais geralmente não é observável no mercado através de preços que reflitam seu custo de oportunidade. Então, como identificar este valor econômico?

Primeiramente deve-se perceber que o valor econômico do meio ambiente é derivado de todos os seus atributos, sendo que estes atributos podem estar ou não associados a um uso. Ou seja, o consumo de um recurso ambiental se realiza via uso e não-uso.

MOTTA (1998, p. 26) destaca que “No caso de um recurso ambiental, os fluxos de bens e serviços ambientais que são derivados do seu consumo, definem seus atributos. Entretanto, existem também atributos de consumo associados à própria existência do recurso ambiental, independentemente do fluxo atual ou futuro de bens e serviços apropriados na forma de seu uso.”

Desta forma, é comum encontrar na literatura o valor econômico total (VET) do recurso ambiental desagregado em valor de uso (VU) e valor de não-uso (VNU). O valor de uso (VU), por sua vez, é subdividido em valor de uso direto (VUD), valor de

uso indireto (VUI) e valor de opção (VO). Já o valor de não-uso (VNU) possui como principal categoria o valor de existência (VE). Assim, uma expressão para o valor econômico do recurso ambiental (VET) seria a seguinte:

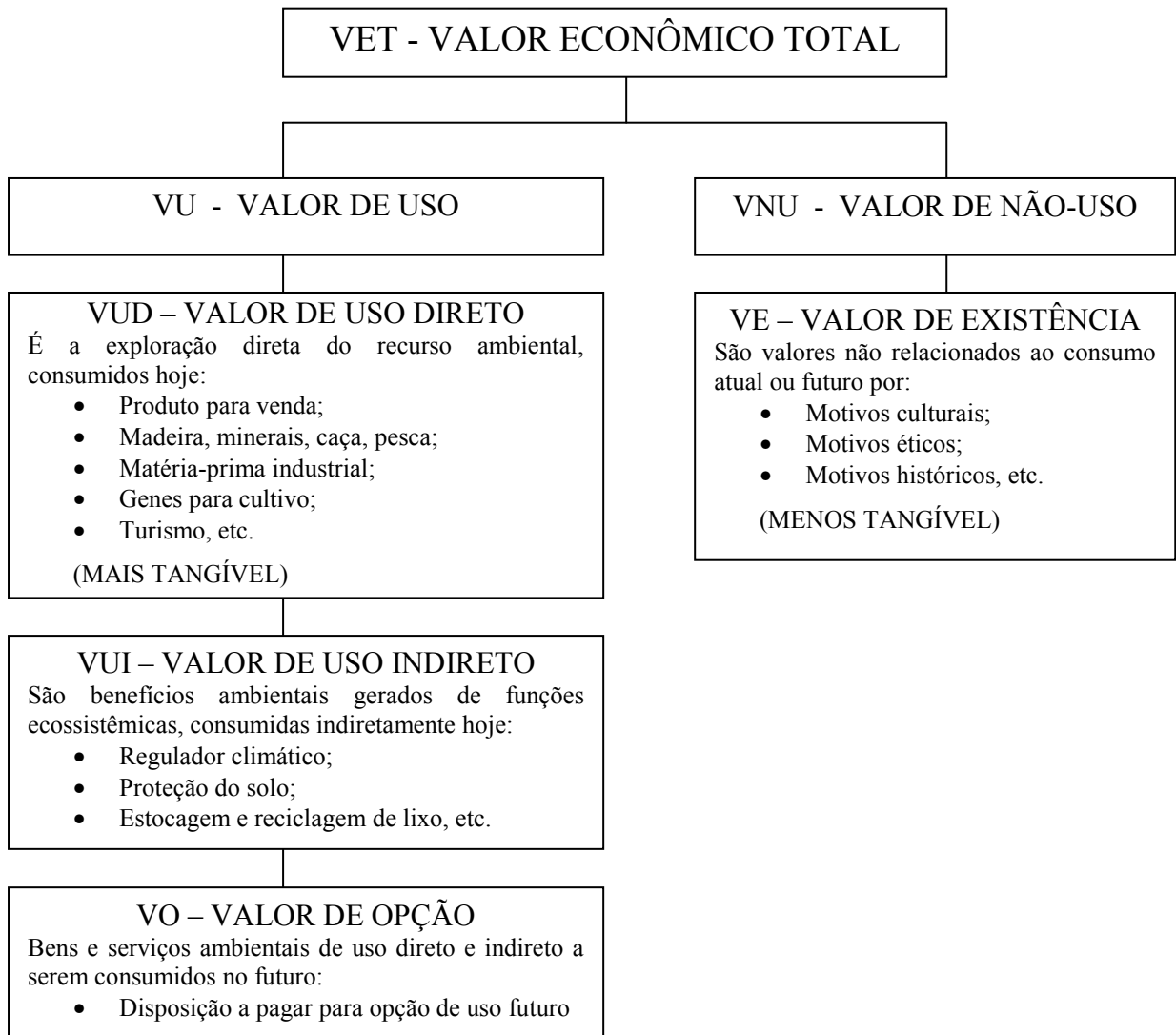
$$VET = (VUD + VUI + VO) + VE \quad (3.1)$$

Os valores de uso (VU) referem-se aos benefícios que podem ser obtidos a partir do uso efetivo ou potencial que o recurso ambiental pode oferecer. No caso dos valores de uso direto (VUD) e indireto (VUI), os benefícios gerados estão associados com as possibilidades de uso (direto e indireto) dos recursos na atualidade, e por isso são de mais fácil compreensão e entendimento. Já o valor de opção (VO) diz respeito à disposição a pagar dos indivíduos para conservar um determinado bem ou serviço ambiental que poderá ser usado no futuro, cuja preservação pode ser ameaçada e a sua substituição seria difícil ou até mesmo impossível

Finalmente tem-se o valor de existência (VE), que é o mais difícil de conceituar, pois representa o valor atribuído à própria existência do meio ambiente independentemente da possibilidade de uso atual ou futuro. Pode ser entendido como o valor que os indivíduos conferem a certos recursos ou amenidades ambientais, tais como: espécies raras ou em extinção, santuários ecológicos ou algum ecossistema raro ou único, mesmo quando não há intenção de apreciá-los ou usá-los nem no presente e nem no futuro.

A figura 3.1 a seguir apresenta uma descrição sucinta das parcelas que compõem o valor econômico total do recurso ambiental, e identifica alguns exemplos.

FIGURA 3.1 – DECOMPOSIÇÃO DO VALOR ECONÔMICO TOTAL DE UM RECURSO AMBIENTAL



FONTE: MOTTA (1998)

Cabe mencionar que existem ainda na literatura controvérsias e discussões envolvendo os conceitos de valor de opção e de existência, originadas pelas dificuldades encontradas em certos casos para a delimitação entre estes dois valores. Segundo comentários de MOTTA (1998), é uma questão conceitual considerar até que ponto um valor, definido pelo desejo do indivíduo de manter certos recursos ambientais para que as gerações futuras usufruam, está mais associado ao valor de

opção ou de existência.

Assim, o primeiro passo na difícil tarefa de tentar valorar economicamente um recurso ambiental passa pelo esclarecimento dos conflitos que possam surgir na definição das parcelas que compõem o seu valor econômico total. Segundo MOTTA (1998), os métodos de valoração ambiental conseguirão atingir o seu objetivo na medida que forem capazes de captar os distintos componentes do valor econômico de um recurso ambiental. Todavia, conforme será descrito na sequência, todos esses métodos apresentam limitações, o que leva a recomendações de prudência na sua utilização.

Existem na atualidade diversos métodos de valoração econômica ambiental, apresentando cada um deles limitações no seu desempenho, que podem estar relacionadas a sua própria concepção metodológica, à base de dados utilizada, às hipóteses consideradas a respeito do comportamento do indivíduo consumidor e aos impactos ocasionados pelo consumo ambiental em outros setores da economia.

Não existe, portanto, uma técnica perfeita, ideal. Desta forma, a escolha do método mais adequado para cada situação dependerá, dentre outras coisas, do que se pretende avaliar, da eficiência do método para o caso específico, das informações e recursos financeiros disponíveis para o estudo, e especialmente do bom senso do pesquisador. Finalmente, após a aplicação do método escolhido, caberá especificar as limitações dos valores estimados e o grau de validade de suas mensurações para o fim desejado. Na sequência apresenta-se uma breve discussão sobre os métodos de valoração econômica do meio ambiente existentes.

### 3.3 MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL

Segundo HANLEY E SPASH (1993), os métodos de valorização econômica ambiental são instrumentos analíticos com aplicações que se expandiram da atividade de recreação ao ar livre para bens públicos tais como vida selvagem, qualidade do ar, saúde humana e estética.

De uma maneira geral os métodos de valorização econômica do meio ambiente são um conjunto de técnicas que procuram estimar os valores que as pessoas atribuem aos recursos ambientais, com base em suas preferências individuais. Algumas destas técnicas já foram diversas vezes aplicadas obtendo-se resultados bastante interessantes, outras estão baseadas em conceitos nem sempre aplicáveis, devido principalmente à falta de dados para seu emprego.

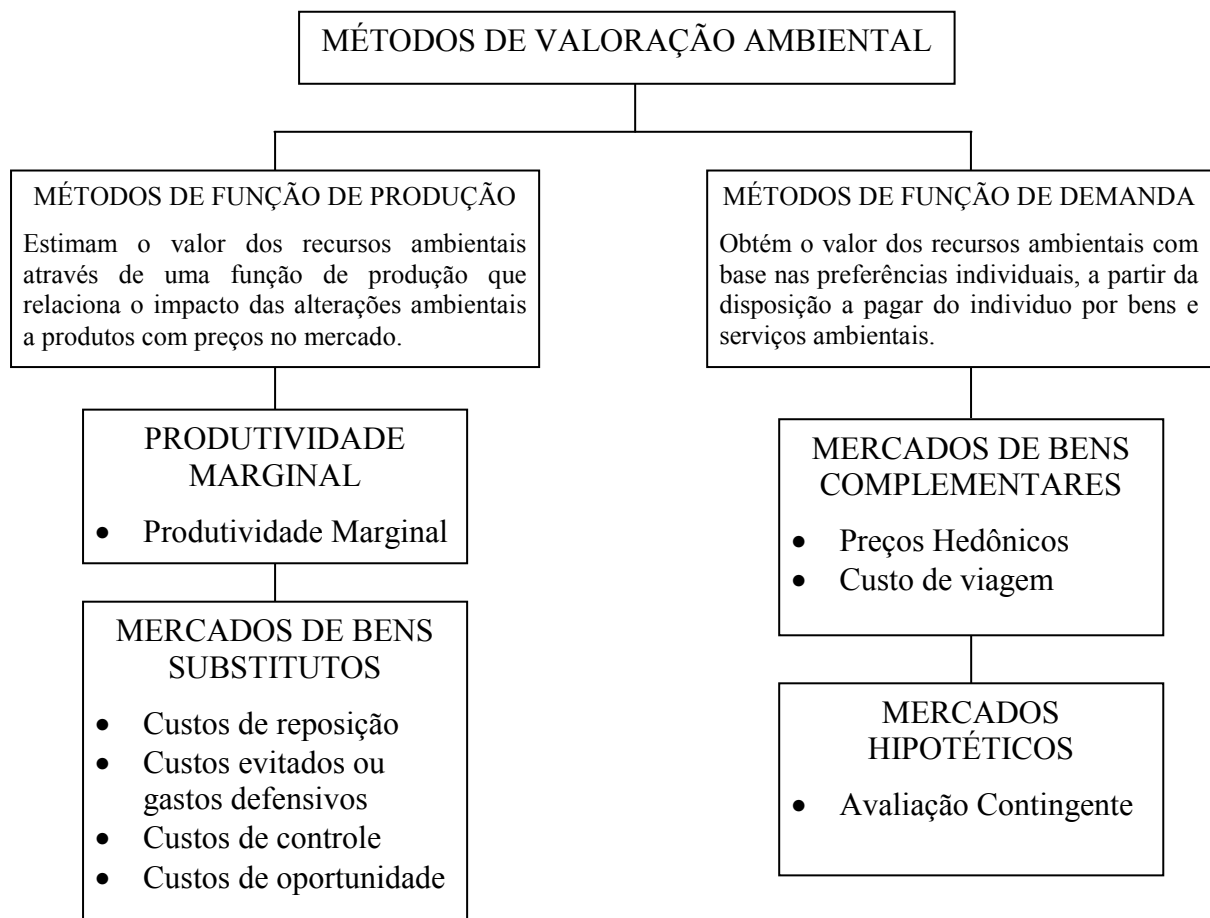
Existem divergências na literatura a respeito da classificação dos métodos de valorização econômica de recursos ambientais disponíveis. Não há um padrão universalmente aceito sobre o assunto. Segundo comentários de MERICO (1996), de modo geral, os métodos de valorização ambiental não possuem uma classificação rígida. Portanto, podem ser utilizados diversos enfoques na aplicação dos métodos, dependendo dos propósitos.

Pode-se observar que existe uma boa diversidade de enfoques adotados para a classificação dos métodos de valorização ambiental existentes. Praticamente cada autor faz uma divisão distinta dos métodos de valorização. A seguir apresentam-se alguns exemplos (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 2000, p. 93-94):

Bateman & Turner (1992, p.123) propõem uma classificação dos métodos de valoração econômica distinguindo-os pela utilização ou não das curvas de demanda marshalliana ou hicksiana. Hufschmidt et al. (1983, p.65-67) fazem suas divisões de acordo com o fato de a técnica utilizar preços provenientes: i) de mercados reais; ii) de mercados substitutos; ou iii) mercados hipotéticos (...). Já Hanley & Spash (1993) fazem apenas uma distinção dos métodos de valoração econômica ambiental em dois grupos: i) forma direta, como o método de valoração contingente (MVC); ii) forma indireta, como o método de preços hedônicos (MPH), o método dos custos de viagem (MCV) e as abordagens da função de produção, como o método dos custos evitados (MCE) e o método dose-resposta (MDR).

Nesta pesquisa, optou-se por adotar como referência a abordagem proposta por MOTTA (1998). Segundo este autor, os métodos de valoração podem ser classificados em métodos de função de produção e métodos de função de demanda. A figura 3.2 a seguir ilustra uma síntese da divisão dos grupos de métodos e seus respectivos subgrupos conforme este enfoque.

FIGURA 3.2 – MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL



Na seqüência apresenta-se uma descrição resumida das principais características de cada um dos métodos mencionados acima. Esta caracterização tem como objetivo fornecer uma visão geral sobre os métodos de valoração disponíveis, sem uma análise rigorosa da teoria subjacente pois não se constituiu no objeto desta pesquisa, que deverá limitar-se ao método dos preços hedônicos.

### 3.3.1 Métodos de Função de Produção

Os métodos de função de produção podem ser aplicados quando o custo, a quantidade ou qualidade de produção de um bem ou serviço privado for afetado pela mudança na qualidade ambiental ou quantidade de recursos naturais. Observa-se que para estes métodos o recurso ambiental analisado é um insumo ou um substituto do bem ou serviço privado afetado.

Através destes métodos, procura-se estimar o valor econômico do recurso ambiental a partir de uma função de produção que relaciona o impacto causado, pelas mudanças na disponibilidade e/ou qualidade de recursos ambientais, na capacidade produtiva e/ou custos de produção de produtos transacionados no mercado. A aplicação destes métodos exige o conhecimento da relação entre a alteração ambiental e o impacto econômico na produção, que pode ser obtido com base no preço de mercado do produto afetado, ou na ausência de mercado para o produto afetado, com base num mercado de bens substitutos.

Desta forma, com base no impacto econômico sofrido na produção deste



produto, é possível estimar indiretamente os valores econômicos (preços-sombra) dos recursos ambientais cuja variação de qualidade e/ou disponibilidade está sendo analisada.

Os métodos de função de produção podem ser divididos em dois grupos: métodos da produtividade marginal e de mercados de bens substitutos, os quais são brevemente descritos a seguir.

#### 3.3.1.1 Método de produtividade marginal

O método da produtividade marginal tem por objetivo mensurar o impacto causado no sistema produtivo pela variação marginal na provisão de um bem ou serviço ambiental, e a partir desta variação, estimar o valor econômico de uso do recurso ambiental.

Este método baseia-se na premissa básica que pressupõe que a produção ou capacidade produtiva de um produto ( $Z$ ) varia em decorrência de disponibilidade de um recurso ambiental ( $R$ ), existindo, então, uma relação, denominada de “dose-resposta”, entre estas duas variáveis.

Desta forma, para a utilização deste método resulta necessário estabelecer primeiro a função “dose-resposta” que relaciona a variação da quantidade/qualidade do recurso ambiental ( $R$ ) utilizado na produção do produto ( $Z$ ) e a respectiva variação da quantidade de ( $Z$ ) produzida.

Finalmente, a partir da função “dose-resposta” determinada, e utilizando produtos cujo preço é conhecido e tem valor de mercado, este método propõe estimar

o valor econômico do recurso ambiental a partir da seguinte expressão:

$$VE_R = Pr_Z \frac{\partial Z}{\partial R} \quad (3.2)$$

Onde:

$VE_R$  corresponde à estimativa do valor econômico do recurso natural;

$Pr_Z$  corresponde ao preço de mercado do produto  $Z$ ;

$\partial Z/\partial R$  corresponde à variação na produção do produto  $Z$  provocadas pela variação na quantidade/qualidade do recurso ambiental  $R$ .

Cabe mencionar que o método de produtividade marginal consegue estimar apenas uma parte do valor dos recursos ambientais, e sendo assim, os valores tendem a ser subestimados. Os valores de opção e de existência, como a preservação das espécies, não fazem parte das estimativas deste método, pois a função de produção consegue captar apenas os valores de uso direto e indireto do recurso ambiental utilizado na produção.

Pode-se observar que uma das principais limitações para a aplicação deste método está no estabelecimento das funções “dose-resposta”. A estimativa destas funções não é uma tarefa simples, podendo ser não tão trivial e pouco precisa, na medida que as relações causais em ecologia são ainda pouco conhecidas e de estimativa bastante complexa. Segundo comentários de PEARCE (1993), a tarefa de mensurar com precisão a provisão de bens ambientais já é muito complicada. Maiores dificuldades ainda serão encontradas na formulação de relacionamentos dose-resposta, que exigem sólidos conhecimentos sobre as ciências naturais.

Com relação à aplicabilidade deste método, HANLEY E SPASH (1993) comentam que, as aplicações mais comuns são relacionadas com os impactos da qualidade do ar sobre a produção agrícola e aos impactos da poluição sobre a pesca.

#### 3.3.1.2 Métodos de mercado de bens substitutos

A metodologia de mercado de bens substitutos parte do princípio de que a perda de qualidade ou escassez do bem ou serviço ambiental irá aumentar a procura por substitutos na tentativa de manter o mesmo nível de bem estar da população.

Estes métodos procuram estimar o valor econômico de um recurso ambiental baseando-se em mercados de bens substitutos de produtos, sem preço de mercado, cuja função de produção sofre variações ocasionadas pela alteração na disponibilidade/qualidade do bem ou serviço ambiental analisado. De acordo com a teoria destes métodos, a alteração na qualidade/quantidade de um bem ou serviço ambiental pode induzir ao uso de outros bens para realizar substituições deste recurso natural alterado.

Uma das principais limitações destes métodos reside na grande dificuldade de se encontrar na natureza substitutos perfeitos para um dado recurso natural, já que as propriedades ambientais são bastante complexas e suas funções no ambiente pouco conhecidas. Por outro lado, as estimativas proporcionadas por estes métodos apresentam uma tendenciosidade negativa, pois tendem a considerar apenas os valores de uso dos recursos ambientais, não sendo possível computar os valores de existência,

pois estes não fazem parte do mercado.

Porém, em muitos casos estes métodos podem fornecer uma boa noção da real avaliação econômica feita pela sociedade sobre um recurso ambiental. De acordo com MOTTA (1998), a aplicação destes métodos mostra-se adequada nas seguintes situações: a) quando a variação do produto, embora afetado pelo recurso ambiental, não oferece preços observáveis de mercado e são de difícil mensuração; b) no caso em que o produto afetado também é um bem ou serviço ambiental consumido gratuitamente; e c) quando as funções de produção e ou dose-resposta não estão disponíveis ou são de difícil mensuração.

Os métodos de mercado de bens substitutos podem ser sub-divididos em quatro técnicas bastante conhecidas e normalmente de fácil aplicação, que são: (i) custos de reposição, (ii) custos evitados ou gastos defensivos, (iii) custos de controle, e (iv) custos de oportunidade.

(i) Custos de reposição:

Neste método procura-se obter a estimativa dos benéficos gerados por um recurso ambiental avaliando-se os gastos que seriam necessários para a reposição da capacidade produtiva do bem ou serviço ambiental que tenha sido degradado ou danificado. A base deste método está em que a estimativa do valor monetário de um recurso ambiental é obtida pela agregação dos custos decorrentes da reparação dos efeitos negativos provocados na função de produção pela alteração na qualidade ambiental deste recurso.

Uma das principais limitações do método está em que, por maiores que sejam

os custos incorridos na reposição, provavelmente nem todas as complexas propriedades de um recurso ambiental danificado conseguirão ser repostas pela simples substituição do mesmo, e sendo assim, as estimativas tendem a ser subestimadas. Também o método é inaplicável no caso de danos ambientais irreversíveis, como por exemplo, a extinção completa de uma espécie vegetal ou animal.

Entretanto, a aplicação deste método é capaz de fornecer uma boa aproximação dos prejuízos econômicos causados pela alteração na provisão de recursos naturais. Como exemplos podemos citar: os custos advindos do reflorestamento para garantir a produção madeireira em áreas que foram desmatadas e da fertilização para manutenção da produtividade agrícola em áreas onde o solo foi degradado.

(ii) Custos evitados ou gastos defensivos:

Este método tenta estimar o valor de um recurso ambiental através da mensuração dos gastos que os indivíduos efetuam de forma voluntária em produtos substitutos ou complementares a este recurso natural, com a finalidade de evitar ou minimizar os efeitos da degradação ambiental. De acordo com a teoria deste método a realização destas despesas preventivas indica que as pessoas julgam que os benefícios gerados são superiores às despesas incorridas, podendo, então, ser consideradas como uma aproximação para valorar monetariamente bens ou serviços ambientais.

Neste método as estimativas também tendem a ser subestimadas, pois desconsidera uma série de fatores, como a existência de um comportamento altruísta

do indivíduo para medir o valor dado à vida ou à saúde alheia, além da falta de informação sobre os reais benefícios gerados por bens e serviços ambientais.

O método é muito utilizado em estudos de avaliação de mortalidade e morbidade humanas, e nos casos onde a poluição apresenta implicações sobre a saúde humana, como por exemplo, as despesas que uma pessoa realiza ao comprar água mineral em supermercados, para evitar os possíveis danos causados pela água poluída.

(iii) Custos de controle:

Este método baseia-se na valoração do recurso ambiental através da mensuração dos custos de controle incorridos para evitar a ocorrência de danos a um bem ou serviço ambiental. Sendo assim, estes custos podem ser considerados como o investimento realizado pelos indivíduos para evitar os impactos das alterações ambientais, visando manter a qualidade dos benefícios gerados por estes recursos naturais.

Uma das principais limitações deste método está relacionada à estimativa dos custos marginais de controle ambiental e dos benefícios gerados pela preservação, pois os investimentos de controle ambiental tendem a gerar diversos benefícios, sendo necessário um estudo muito rigoroso para identificação de todos eles. Como exemplos da aplicação do método pode-se citar a estimativa dos custos incorridos pelo tratamento de esgoto para evitar a poluição dos rios, ou pela implantação de um sistema de controle de emissão de poluentes em uma indústria para evitar a contaminação da atmosfera.

(iv) Custos de oportunidade:

Segundo MOTTA (1998) este método é largamente utilizado para estimar a renda sacrificada pelos usuários em termos de atividades econômicas restringidas pelas atividades de proteção ambiental.

Neste método assume-se a premissa básica de que toda conservação ambiental traz consigo um custo de oportunidade relativo às atividades econômicas que poderiam estar sendo desenvolvidas na área de proteção. Desta forma, este método procura obter o valor econômico de um recurso ambiental através da estimativa das receitas perdidas em virtude do não aproveitamento desse recurso em atividades econômicas. As receitas perdidas são função das restrições de uso impostas visando a preservação ou proteção do recurso ambiental.

Destaca-se que através deste método não se valora diretamente o recurso ambiental, mas, sim, o custo de oportunidade de preservá-lo. Esta técnica pode ser aplicada, para estimar os benefícios do desenvolvimento de uma área ecologicamente importante. Por exemplo, não inundar uma área de floresta para geração de energia hidrelétrica significa sacrificar os benefícios resultantes da produção desta energia.

### 3.3.2 Métodos de Função de Demanda

Os métodos de função de demanda são aqueles que procuram obter o valor econômico do meio ambiente com base nas preferências das pessoas, utilizando-se de mercados já existentes ou hipoteticamente criados, para tentar captar a disposição a

pagar dos indivíduos pela disponibilidade e/ou qualidade de bens e serviços ambientais.

Estes métodos partem do pressuposto que a alteração na quantidade e/ou qualidade do recurso ambiental afeta a disposição a pagar das pessoas para evitar ou a disposição a receber para aceitar as alterações relativas à disponibilidade do recurso ambiental. Nestes métodos, procura-se evidenciar, através das funções de demanda, as preferências individuais por um bem o serviço ambiental.

Os métodos de função de demanda podem ser divididos em dois subgrupos. O primeiro, formado pelos métodos de preços hedônicos e custo de viagem, procuram obter indiretamente a disposição a pagar dos indivíduos recorrendo a mercados de bens ou serviços privados complementares ao recurso ambiental analisado. O segundo, representado pelo método de avaliação contingente, simula um mercado hipotético para tentar captar diretamente a disposição a pagar das pessoas por um bem ou serviço ambiental.

#### 3.3.2.1 Método de preços hedônicos

A premissa básica deste método reside no estabelecimento de uma relação entre os atributos que compõem um bem ou serviço privado e seu respectivo preço de mercado. Desta forma, a aplicabilidade deste método na valoração ambiental baseia-se na identificação de atributos ambientais que podem ser capturados no preço de mercado de um bem composto privado, para depois com base na variação do preço



deste bem, obter um indicador do valor monetário relativo à variação dos atributos ambientais que o compõem.

Na teoria este método pode ser aplicado a qualquer bem composto privado cujos atributos sejam complementares a bens ou serviços ambientais. Porém, na prática, a sua aplicação mais comum e freqüente tem sido valoração econômica de atributos ambientais com base na variação de preços de propriedades.

Nesta pesquisa está sendo proposta a aplicação deste método para a avaliação de benefícios econômicos do controle de cheias urbanas, através da captura na variação do preço de um bem imobiliário ocasionada pela ocorrência ou não de inundação no referido imóvel. Considerando isto, optou-se por apresentar os principais conceitos, características, aplicações e limitações relativas a este método com maior riqueza de detalhes no próximo capítulo.

#### 3.3.2.2 Método de custo de viagem

A idéia básica deste método pressupõe que os custos decorrentes da viagem de indivíduos com o propósito de visitar um determinado local, geralmente de recreação, podem ser utilizados para a obtenção de uma estimativa do valor econômico do bem ou serviço ambiental que é explorado neste sítio de visitação.

Este método assume que os gastos efetuados pelo visitante para se deslocar a um sítio natural refletem a disposição a pagar dos indivíduos pela disponibilidade desta amenidade ambiental. Esses gastos de visita o abarcam as despesas efetuadas durante os preparativos, no decorrer da viagem propriamente dita, e no próprio local

visitado, incluindo-se transporte, tempo de viagem, taxa de entrada, alimentação e outros gastos complementares.

Neste método procura-se estabelecer uma função de demanda que relacione a taxa de visitação à variável que engloba os custos incorridos na visitação, e a outras variáveis relativas às características socioeconômicas do visitante, tais como diferenças de renda, distribuição etária, perfil de escolaridade, que possam também explicar a visita ao sítio natural.

De acordo com MOTTA (1998), a inclusão destas variáveis socioeconômicas servirá para minimizar o efeito de outros fatores que explicam a visita a um sítio natural, sendo que o escopo deste conjunto de variáveis dependerá da significância dos resultados econométricos.

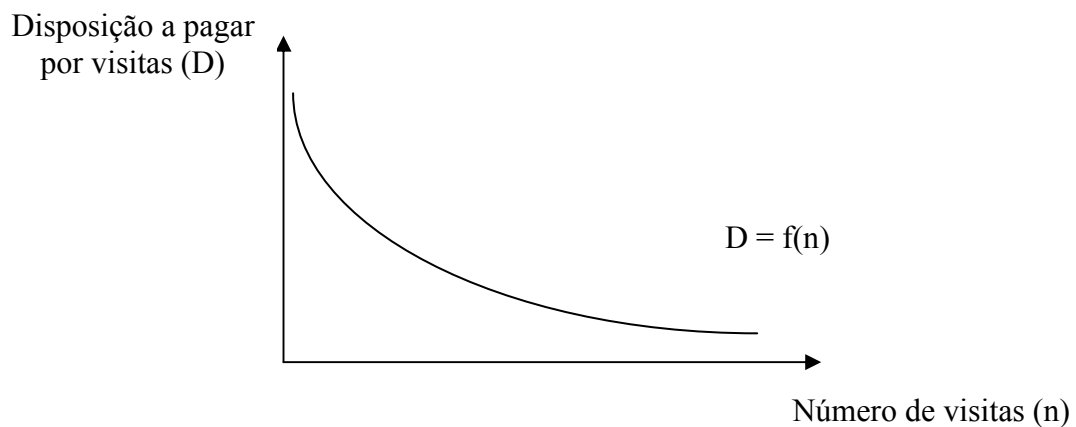
As informações requeridas serão obtidas através de questionários aplicados a uma amostra da população, os quais são entrevistados no próprio local de visitação. Nestes estudos recomenda-se que as entrevistas respeitem os distintos períodos do ano, como verão e inverno, evitando um possível viés sazonal na amostra. Uma vez efetuado o levantamento de campo, as informações obtidas são, então, estatisticamente analisadas e agregadas à população total do local de residência do visitante.

Finalmente, com base nestes dados, estima-se a taxa de visitação ( $V_i$ ) - visitas por mil habitantes por ano, por exemplo - de cada zona residencial ( $i$ ) da amostra, para relacioná-la com o custo médio de viagem de cada zona residencial ( $CV_i$ ) da amostra e outras variáveis sócio-econômicas da zona em questão ( $S_j$ ), obtendo uma função do tipo:

$$V_i = f(CV_i, S_1, S_2, \dots, S_n) \quad (3.3)$$

Segundo MOTTA (1998), é possível estimar, a partir equação (3.3), a taxa de visitação esperada de cada zona (i) com base nas informações zonais. Multiplicando-se esta taxa estimada pela população zonal, obtém-se o número esperado de visitantes por zona, juntamente com o respectivo custo médio de viagem. Derivando esta função em relação a  $(CV_i)$  para cada zona, pode-se medir a diminuição do número de visitantes quando aumenta o custo de viagem e, assim, estimar uma curva de demanda  $f(n)$  pelas atividades recreacionais do local, conforme mostra a figura 3.3. A área sob a curva de demanda, que indica a disposição das pessoas a pagar por visitas, é a medida do valor econômico do sítio natural em questão.

FIGURA 3.3 – CURVA DE DEMANDA POR UM SÍTIO NATURAL



FONTE: MOTTA (1998)

Destaca-se que o método do custo de viagem é incapaz de captar valores de não uso dos recursos ambientais, pois somente aqueles que visitam o sítio natural determinam o valor atribuído ao local.

Uma das principais limitações deste método reside no fato de que deve existir a possibilidade da viagem para que o mesmo possa ser aplicado, o que dificulta a sua aplicabilidade para avaliar sítios naturais urbanos, por exemplo. Segundo comentários de HANLEY E SPASH (1993), este método é bastante aplicado pelas agências governamentais americanas e tem sido crescentemente utilizado na Grã-Bretanha para modelar recreação ao ar livre, tendo como aplicações mais comuns pescarias, caçadas, passeios de barco e visitas a florestas.

#### 3.3.3.3 Método de valoração contingente

O método de valoração contingente, é aplicado quando um impacto ambiental, um determinado elemento do ecossistema, ou mesmo todo um ecossistema não pode ser valorado, mesmo que indiretamente, pelo comportamento do mercado. A diferença deste método para os demais apresentados anteriormente está em que aqueles procuram estimar o valor do recurso ambiental com base no preço de produtos privados transacionados no mercado, os quais são afetados pelas alterações ambientais, ou são substitutos ou complementares a bens ou serviços ambientais.

Já na valoração contingencial, dada a inexistência de mercados próprios ou relacionados com o recurso ambiental, procura-se obter o valor do mesmo construindo-se mercados hipotéticos, que simulam a disposição a pagar das pessoas pela disponibilidade/qualidade de bens ou serviços ambientais. Desta forma, é possível afirmar que o método de valoração contingente tenta captar as preferências do

consumidor em situações hipoteticamente criadas, diferentemente dos demais que avaliam o comportamento do consumidor em situações reais.

Este método tem como base a realização de entrevistas com os indivíduos, nas quais os mesmos devem expressar, em termos monetários, a sua valoração pessoal de bens ou serviços ambientais sem preço definido no mercado, utilizando-se para tal de um mercado hipotético, o qual deve ser cuidadosamente estruturado para cada situação analisada.

Utiliza-se o processo de interrogar diretamente a uma amostra de pessoas sobre as suas disposições a pagar (DAP) pela restauração ou preservação de um bem ou serviço ambiental, ou sobre as suas disposições a aceitar (DAA) uma compensação financeira para tolerar uma determinada queda na qualidade/quantidade do recurso natural analisado. Portanto, essa técnica faz uso de consultas para captar diretamente os valores individuais de uso e não-uso que as pessoas atribuem a bens ou serviços ambientais com preços não definidos no mercado.

Para conseguir mensurar o valor monetário do recurso ambiental, os questionários aplicados à amostra devem ser cuidadosamente elaborados de forma a capturar adequadamente as preferências dos consumidores.

Para que o questionário a ser aplicado no processo de entrevistas tenha sucesso, algumas condições são necessárias, tais como: a familiaridade do entrevistado com os benefícios que gera o projeto, a explicitação de um instrumento de pagamento conhecido ou aceitável pelo entrevistado e a fixação do montante a pagar. Por outro lado, estes questionários devem ser cuidadosamente formulados buscando simular

cenários cujas características estejam o mais próximo possível das existentes no mundo real, de modo que as preferências reveladas nas pesquisas reflitam decisões que os agentes tomariam de fato caso existisse um mercado para o bem ambiental descrito no cenário hipotético.

Vale a pena ressaltar que, embora seja criticado por muitos autores, o interesse pelo método da valoração contingente tem aumentado bastante ao longo dos últimos tempos. Entre as principais razões que motivaram este crescimento pode-se citar: o próprio aperfeiçoamento das pesquisas de opinião, o fato de constituir-se em muitos casos no único método capaz de capturar o valor de existência, e a possibilidade de ser adaptável à maioria dos problemas ambientais.

De acordo com HUFSCHMIDT<sup>12</sup> et al. (apud NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 2000), este método é mais aplicado para mensuração de: a) recursos de propriedade comum ou bens cuja excludibilidade do consumo não possa ser feita, como qualidade do ar ou da água; b) recursos de amenidades, tais como características paisagística, cultural, ecológica, histórica; ou c) situações em que dados sobre preços de mercado estejam ausentes.

Finalmente, na tabela 3.1 a seguir apresenta-se uma análise comparativa resumindo as principais características dos métodos descritos anteriormente.

---

<sup>12</sup> HUFSCHMIDT, M. M.; JAMES, D. E.; MEISTER, A. D.; BOWER, B. T.; DIXON, J. A. **Environment, natural systems, and development: an economic valuation guide**. Baltimore, EUA: Johns Hopkins University Press, 1983. 338 p.

TABELA 3.1 – COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL

| Métodos                       |                              | Características gerais  | Valores capturados   | Limitações principais   | Aplicações mais comuns  |
|-------------------------------|------------------------------|---|--|---|---|
| MÉTODOS DE FUNÇÃO DE PRODUÇÃO | Produtividade Marginal       | Mede o impacto no sistema produtivo dada uma variação marginal na provisão de um bem ambiental. Requer o estabelecimento da função dose-resposta, que relaciona o nível de provisão do recurso natural ao nível de produção respectivo do produto no mercado. | Somente valores de uso direto e indireto   | Estabelecimento da função dose-resposta não é uma tarefa simples, pois as relações causais em ecologia são ainda pouco conhecidas e de estimativa bastante complexa.  | Impactos da qualidade do ar sobre a produção agrícola, e impactos da poluição sobre a pesca.  |
|                               | Mercados de Bens Substitutos | Custos de reposição   | Valores de uso direto e indireto. Além disso, a possibilidade da perfeita substituição determinará a cobertura das parcelas do valor de opção. | Por maiores que sejam os gastos envolvidos na reposição, nem todas as complexas propriedades de um recurso ambiental danificado serão repostas pela simples substituição do mesmo.  | Custos do reflorestamento para garantir a produção madeireira, ou da fertilização em solos degradados para garantir a produção agrícola.                    |
|                               |                              | Custos evitados   |  | Desconsidera a existência de um comportamento altruísta do indivíduo para medir o valor dado à vida ou à saúde alheia, e a falta de informação sobre os reais benefícios dos recursos ambientais.   | Estudos de mortalidade e morbidade humanas, e nos casos onde a poluição apresenta implicações sobre a saúde humana.   |
|                               |                              | Custos de controle  |  | Dificuldade na estimativa dos custos marginais de controle e dos benefícios gerados pela preservação, pois os investimentos de controle ambiental tendem a gerar diversos benefícios, sendo necessário um estudo rigoroso para identificação de todos eles. | Gastos com tratamento de esgoto para evitar a poluição dos rios, ou com sistema de controle de emissão de poluentes para evitar a contaminação atmosférica. |
|                               |                              | Custos de oportunidade  |  | Através deste método não se valora diretamente o recurso ambiental, mas, sim, o custo de oportunidade de preservá-lo.   | Renda sacrificada para preservar uma floresta, que poderia ser aproveitada para usos agrícolas.   |

TABELA 3.1 – COMPARAÇÃO ENTRE MÉTODOS DE VALORAÇÃO ECONÔMICA AMBIENTAL (CONTINUAÇÃO)

| Métodos                      |                                 |                       | Características gerais   | Valores capturados  | Limitações principais   | Aplicações mais comuns   |
|------------------------------|---------------------------------|-----------------------|--|---|---|--|
| MÉTODOS DE FUNÇÃO DE DEMANDA | Mercados de Bens Complementares | Preços Hedônicos      | Baseia-se na identificação de atributos ambientais que podem ser capturados no preço de mercado de um bem composto privado. Requer o estabelecimento de uma relação, denominada de função de preços hedônicos, entre o conjunto de atributos que compõem o bem privado analisado e seu respectivo preço de mercado.                              | Valores de uso direto, indireto e de opção                  | Só pode ser aplicado quando os atributos ambientais sejam quantificáveis e de fácil percepção pela sociedade. Requer um levantamento significativo de informações, sendo que a qualidade dos dados afetará sensivelmente a qualidade das estimativas resultantes. | Valoração de atributos ambientais (e.g. qualidade do ar, nível de poluição sonora, proximidade a áreas verdes) com base na variação de preços de propriedades. |
|                              |                                 | Custo de viagem       | Estima os gastos efetuados por indivíduos com o propósito de visitar um determinado sítio natural. Requer o estabelecimento de uma função de demanda que relacione a taxa de visitação à variável que engloba os custos incorridos na visitação.   | Somente valores de uso direto e indireto                    | Fato de que deve existir a possibilidade da viagem para que o mesmo possa ser utilizado, o que dificulta a sua aplicabilidade para avaliar sítios naturais urbanos, por exemplo.  | Sítios naturais de recreação ao ar livre, tais como pescarias, caçadas, passeios de barco e visitas a florestas.   |
|                              | Mercados Hipotéticos            | Avaliação Contingente | Utiliza mercados hipotéticos para avaliar a disposição a pagar (DAP) ou a aceitar (DAA) dos indivíduos pela disponibilidade e/ou qualidade de bens ou serviços ambientais sem preço definido no mercado. Baseia-se na realização de entrevistas, com questionários que indagam as preferências das pessoas em situações hipoteticamente criadas. | Único método capaz de capturar também o valor de existência | Dificuldade na captura de valores de recursos ambientais que indivíduos não entendem, ou, mesmo desconhecem. Envolve custos elevados de pesquisa.   | Situações em que dados sobre preços de mercado estejam ausentes, tais como qualidade do ar ou da água.   |



## 4 MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS

### 4.1 BREVE HISTÓRICO

De acordo com a literatura, o método dos preços hedônicos, também denominado por método de preço implícito, constitui-se num dos métodos de valoração econômica mais antigos e dos mais utilizados. Entretanto, não existe um consenso absoluto entre os autores a respeito da data precisa em que os princípios desta técnica começaram a ser utilizados.

A referência mais antiga encontrada na literatura relativa à aplicação da teoria que deu origem a este método remonta a 1929 sendo citada por NERLOVE<sup>13</sup> (apud, FERREIRA NETO, 2002, p. 3), que afirma que,

A análise do preço hedônico tem origem na economia agrícola quando Fedreick V. Waugh (1929) publicou seu pioneiro estudo sobre fatores qualitativos que influenciam os preços dos vegetais, (...) Waugh fez uma regressão dos preços por lote de aspargos em Boston (maio-junho, 1927) sob três diferentes dimensões de qualidade: avaliação da cor, tamanho da haste e uniformidade dos brotos. Seu objetivo era determinar a valorização relativa que os consumidores davam a essas características, as quais consideravam como informações úteis para os produtores de aspargos.

Ainda segundo FERREIRA NETO (2002), após o estudo acima mencionado, foram publicados os trabalhos realizados por Court, em 1939, e Griliches, em 1961, os quais efetuaram regressões similares com o objetivo de descobrirem as preferências dos consumidores referente aos vários opcionais disponíveis nos automóveis que compravam. Cabe mencionar que o estudo efetuado por Court é apontado por alguns

---

<sup>13</sup> NERLOVE, Marc. **Hedonic price functions and the measurement of preferences**: The case of Swedish wine consumers. *European Economic Review*, Vol. 39, 1995, p. 1697-1716.

autores, dentre eles FREEMAN III (1993), como o pioneiro na aplicação dos conceitos da teoria dos preços hedônicos.

Verifica-se que nos estudos acima citados, consideradas as primeiras aplicações da teoria dos preços hedônicos, não foi abordada a valoração de bens ou serviços ambientais. Um dos primeiros a sugerir a utilização dos princípios desta técnica para a valoração ambiental, de acordo com FREEMAN III (1993), foi o economista Ronald Ridker, em 1967, que percebeu a possibilidade de usar os valores de propriedades residenciais para estimar o impacto das alterações de características ambientais nos benefícios dos moradores, marcando com isso o início do que viria a se chamar no futuro de método dos preços hedônicos.

Finalmente, pode-se observar que existe grande concordância na literatura a respeito da afirmativa de que o método dos preços hedônicos deriva-se da teoria do valor por características (*characteristics theory of value*) originária de Lancaster<sup>14</sup>, sendo a formulação do seu modelo sugerida inicialmente, numa forma mais genérica, por Griliches<sup>15</sup>, e posteriormente proposto e aplicado por Rosen<sup>16</sup>, o qual contribui significativamente ao formalizar os procedimentos e desenvolver um arcabouço teórico para a aplicação desta técnica (e.g. RIERA, 1992; HANLEY E SPASH, 1993; HERRUZO, 2002).

A partir de então, muitos outros autores efetuaram diversos estudos utilizando o

---

<sup>14</sup> LANCASTER, K. **A new approach to consumer theory**. Journal of Political Economy, vol. 74, p. 132-157, 1966.

<sup>15</sup> GRILICHES, Z. **Price indexes and quality change: studies in new methods of measurement**. Cambridge, Harvard University Press, p.55-87, 1971.

<sup>16</sup> ROSEN, Sherwin. **Hedonic Price and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition**. Journal of Political Economy, Vol. 82, p. 34-55, 1974.

método dos preços hedônicos. NOGUEIRA, MEDEIROS E ARRUDA (2000, p. 97) afirmam que, “A teoria do preço hedônico fundamentou a explosão de estudos teóricos e empíricos sobre valoração monetária de características ambientais ou locacionais na segunda metade da década de 1970 e durante toda a década de 1980”.

Analisando os estudos realizados utilizando este método, observou-se que para o caso da valoração ambiental, embora o mesmo possa ser aplicado a qualquer bem composto privado cujos atributos sejam complementares a bens ou serviços ambientais, o exemplo mais freqüentemente encontrado na literatura está relacionado aos preços de propriedades. Considerando isto, e o fato de bens imobiliários serem também o objeto da aplicação do método dos preços hedônicos nesta pesquisa, optou-se por focar na descrição do método, o caso que se baseia no uso do valor da propriedade.

## 4.2 ESTIMATIVA DA FUNÇÃO DE PREÇOS HEDÔNICOS

A formulação do modelo dos preços hedônicos parte da hipótese de que as distintas características que compõem um bem privado heterogêneo influenciam a seu valor de mercado, e sendo assim, assume-se que o preço deste bem pode ser desagregado em função de suas características ou atributos. Com base nisto, este método tenta estabelecer uma relação, denominada de função de preços hedônicos, entre os atributos de um bem e seu preço de mercado, para que uma vez estimada esta

função, seja possível estimar o valor implícito (preço sombra) de cada um dos atributos analisados.

Bens imobiliários em geral podem ser considerados como bens heterogêneos, constituídos por um conjunto de atributos, com o seu preço de mercado estabelecido pela agregação dos valores implícitos atribuídos às diferentes características. O método baseia-se na hipótese de que quando uma pessoa vai comprar uma propriedade no mercado imobiliário, ela considera as diversas características (e.g. estruturais, locacionais, ambientais) que a compõem para estabelecer o preço que ela está disposta a pagar.

Na realidade a definição do preço que uma pessoa está disposta a pagar por um determinado bem imobiliário é muito mais complexa, e envolve, além das características acima mencionadas, outros componentes de natureza psicológica, vinculados a um conjunto de valores subjetivos próprios ou influenciados por técnicas de marketing e propaganda.

Entretanto, dentro de um mercado de oferta e procura de bens compostos, a captura por parte do vendedor, da totalidade do preço que o comprador está disposto a pagar, em geral não ocorre, e o negócio é fechado por um valor inferior. Dado que o vendedor não conhece a disposição a pagar do comprador, ele fixa o preço em uma expectativa média dessa disposição a pagar. Acredita-se que essa expectativa média pode ser estabelecida a partir de uma regressão em função das características intrínsecas objetivas do imóvel, e portanto, pode ser avaliada pelo método dos preços hedônicos como proposto nesta dissertação.

No âmbito da valoração ambiental, o método dos preços hedônicos procura identificar as características ou atributos ambientais associados a um bem imobiliário, quantificá-las e estabelecer uma relação entre elas e o preço de mercado. Pressupõe-se que as características ambientais interferindo no bem-estar dos moradores, afetarão o preço de mercado dos imóveis. De acordo com MOTTA (1998, p. 35), “Diferentes unidades de propriedade terão diferentes níveis de atributos ambientais (qualidade do ar, proximidade a um sítio natural, etc) e, portanto, se estes atributos são valorados pelos indivíduos, as diferenças de preços das propriedades devido à diferença de nível dos atributos ambientais devem refletir a disposição a pagar por variações destes atributos”.

Desta forma, a variação no valor da propriedade pode ser considerada uma forma bastante útil para captar a disposição de pagar das pessoas pela disponibilidade/qualidade de bens ou serviços ambientais. Dentro deste contexto, a teoria hedônica propõe estimar o valor de um atributo ambiental, implícito na formação do preço de propriedade, por intermédio da denominada função de preços hedônicos, que relaciona o preço da propriedade e o conjunto de suas características, e pode ser genericamente expressa da seguinte maneira:

$$P_i = f(a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}, \dots, a_{ki}, \varepsilon_i) \quad (4.1)$$

Onde:

$P_i$  = preço da propriedade  $i$  ;

$f$  = função arbitrária dos preços hedônicos ;

$a_{ji}$  = atributos que compõem a propriedade  $i$ ;

$\varepsilon_i$  = erro ou distorção do modelo.

O método de preços hedônicos utiliza o instrumental econométrico para chegar aos resultados, visando ajustar da melhor maneira possível o preço da propriedade às diversas características que possam inferir no seu valor. O modelo da função de preços hedônicos é muitas vezes empiricamente estimado através da aplicação da técnica de regressão múltipla, usando geralmente o método dos mínimos quadrados ordinários (OLS), para estimar os parâmetros do modelo. A regressão múltipla estabelece que a forma da equação (4.1) seja linear nas características ou em alguma transformação delas.

$$P_i = \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \dots + \beta_k x_{ik} + \varepsilon_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4.2)$$

Sendo  $\beta_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) os chamados coeficientes da regressão,  $x_{ij}$  as variáveis explicativas, que são atributos mensuráveis da propriedade ou transformadas não lineares destes, e  $\varepsilon_i$  é uma variável aleatória denominada erro do modelo.

Em geral assume-se  $x_{i1} = 1$  constituindo-se então  $\beta_1$  como termo independente. Os coeficientes  $\beta_j$  são em princípio constantes desconhecidas e assim como as propriedades estatísticas das variáveis aleatórias  $\varepsilon_i$  precisam ser estimados a partir de valores observados  $P_i$ ,  $x_{ij}$  através do sistema de  $n$  equações (4.2).

Para tanto algumas hipóteses devem ser estabelecidas entre as quais destaca-se que: (1) os  $\varepsilon_i$  sejam independentes e identicamente distribuídos com distribuição

normal de média nula, (2) as variáveis explicativas sejam não aleatórias, e (3) o posto da matriz  $[x_{ij}]$  seja igual a  $k$ .

Após a estimativa dos  $\beta_j$  a regressão pode ser escrita como:

$$P_i = b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + \dots + b_kx_{ik} + e_i \quad (4.3)$$

Onde  $b_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ) são os estimadores dos coeficientes, que correspondem às estimativas dos preços implícitos de cada um dos atributos analisados, e  $e_i$  constituem os resíduos do modelo. A teoria subjacente a regressão múltipla será descrita com mais detalhes na seção 4.3.

Uma vez determinada a função de preços hedônicos, pode-se estimar o preço implícito de um atributo de interesse, que é denominado de preço hedônico. Assim o preço hedônico  $P_h$  de um atributo  $a_j$  é obtido através da derivada parcial da função de preço de propriedade  $P = f(a_1, a_2, \dots, a_k, \epsilon)$  em relação à variável escolhida  $a_j$ :

$$P_h = \frac{\partial P}{\partial a_j} \quad (4.4)$$

A derivada  $\partial P / \partial a_j$ , corresponde ao benefício marginal do atributo analisado, e representa a disposição a pagar de um grupo de indivíduos por uma unidade adicional desta característica  $a_j$ . Portanto, a partir dos preços das propriedades e da relação funcional com os seus atributos, é possível, utilizando análise econométrica, obter o preço implícito para cada atributo, bem como a relativa importância que cada um tem na determinação do preço total da propriedade.

No caso de se utilizar a técnica da regressão múltipla para exprimir a relação funcional entre preço e atributos com as variáveis explicativas  $x_j$  funções quaisquer dos atributos  $a_j$ , o preço hedônico  $P_h$  do atributo  $a_j$  resulta:

$$P_h = \sum \frac{\partial P}{\partial x_j} \cdot \frac{dx_j}{da_j} = \beta_j \frac{dx_j}{da_j} \quad (4.5)$$

Contudo, a obtenção de resultados confiáveis na aplicação do método de preços hedônicos está condicionada à execução cuidadosa de três etapas fundamentais, brevemente descritas a seguir.

- Escolha apropriada das variáveis para representar os atributos da propriedade:

O método requer que os vários atributos que influenciam o preço de uma propriedade sejam representados nas variáveis explicativas no modelo da regressão. Entre os principais atributos que afetam o preço de um imóvel incluem-se os aspectos físicos ou estruturais (e.g. tamanho, idade, material de construção), as características definidas pela sua localização e vizinhança (e.g. distância ao centro, proximidade a escolas, unidades de saúde), assim como os atributos relativos à qualidade ambiental da região onde o bem está inserido (e.g. nível de poluição sonora e atmosférica, proximidade a áreas verdes). Destaca-se que nesta pesquisa, além das características típicas citadas, incluiu-se na análise uma variável associada ao risco de ocorrência de inundação, pois a avaliação do impacto da variação do risco de inundação no preço de propriedades se constitui no objetivo principal deste estudo.

Cabe mencionar que, embora inicialmente uma quantidade maior de



características que possam influenciar o preço da propriedade seja selecionada, algumas características poderão ser desconsideradas, através de testes estatísticos de significância. Assim, algumas variáveis explicativas pré-selecionadas poderão ser excluídas do modelo se a hipótese nula  $H_0 : \beta_j = 0$  não puder ser rejeitada. Esse fato, caso ocorra, pode ser interpretado como sendo o atributo em questão irrelevante aos participantes do mercado imobiliário.

- Obtenção dos dados adequados:

A obtenção adequada de dados está diretamente relacionada com a identificação de variáveis apropriadas ao caso em estudo. As variáveis explicativas devem ser mensuráveis, o que implica em sua medida no campo ou a existência de cadastros apropriados. Assim os valores observados das variáveis, podem ser extraídos de bases de dados existentes (dados secundários) ou serem medidos diretamente (dados primários). No caso de dados secundários deve-se sempre verificar, por meio de amostras, a sua confiabilidade e atualidade. A coleta de dados é normalmente limitada pelo tempo e pelos recursos financeiros disponíveis para a pesquisa. No caso deste estudo, os dados foram obtidos junto ao mercado imobiliário, através de consulta ao banco de dados de diversos órgãos governamentais, e também por visitas ao local. O levantamento de dados é descrito detalhadamente no próximo capítulo.

- Determinação da forma funcional que melhor represente a relação entre o preço e cada um dos atributos:

De acordo com MACEDO (1996), no caso da formação dos preços de imóveis a teoria econômica não desenvolveu ainda um modelo matemático universal e portanto

carece de um critério objetivo de escolha da forma funcional da equação (4.1). A maioria dos pesquisadores vê essa escolha como uma questão empírica para ser decidida pela melhor adequação aos dados. Nesse caso a regressão múltipla se oferece como um modelo flexível e simples para descrever uma dependência não exata entre variável dependente e várias variáveis explicativas.

Para tornar o modelo de regressão múltipla mais flexível via de regra lança-se mão de transformações apropriadas dos atributos para constituir as variáveis explicativas. As formas funcionais lineares, potência, semi-logarítmica, ou dupla-logarítmica são as mais freqüentemente encontradas na literatura. Mais recentemente foi proposta a chamada transformação *Box-Cox* que através de variação de um parâmetro permite englobar toda uma classe de formas funcionais de transformação de atributos em variáveis explicativas. As transformações *Box-Cox* são definidas como (JOHNSTON, 1984):

$$Y^{(\lambda_1)} = \begin{cases} \frac{Y^{\lambda_1} - 1}{\lambda_1} & \lambda_1 \neq 0 \\ \ln Y & \lambda_1 = 0 \end{cases} \quad (4.6)$$

E similarmente:

$$X^{(\lambda_2)} = \begin{cases} \frac{X^{\lambda_2} - 1}{\lambda_2} & \lambda_2 \neq 0 \\ \ln X & \lambda_2 = 0 \end{cases} \quad (4.7)$$

### 4.3 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

O estabelecimento da regressão linear múltipla remonta ao início do século XIX tendo sido cruciais as contribuições de Gauss<sup>17</sup> (1777 - 1855) e Legendre<sup>18</sup> (1752 - 1833) que desenvolveram o método dos mínimos quadrados, inicialmente para a compensação de erros em observações astronômicas. Na busca de uma justificativa teórica desse método lançaram as bases do modelo de regressão linear. Mais tarde Fischer (1890 – 1962) estendeu a aplicabilidade do modelo de Gauss para muitos outro fenômenos observáveis onde o valor de uma grandeza ( $y$ ) dependia linearmente dos valores de outras grandezas mensuráveis ( $x_1, x_2, \dots, x_k$ ) sem contudo exibir uma relação funcional exata. Em outras palavras  $y$  é uma variável aleatória cuja distribuição é condicionada pelos valores de  $x_j$ .

No desenvolvimento da econometria, isto é, a medida de variáveis econômicas a partir de observações, a idéia da regressão linear mostrou-se muito útil e poderosa na modelagem de relações quantitativas nos fenômenos econômicos. A teoria da regressão linear passou a constituir a espinha dorsal da maioria dos modelos estatísticos de interesse econométrico.

A primeira hipótese do modelo de regressão linear múltipla supõe que o vetor de observações da variável dependente  $Y$  pode ser expressa como uma combinação linear das correspondentes observações de duas ou mais variáveis explicativas  $X$ ,

---

<sup>17</sup> GAUSS, C.F. **Theoria motus corporum coelestium**. Göttingen, 1809.

<sup>18</sup> LEGENDRE, A.M. **Nouvelles Méthodes pour la détermination des orbites des Comètes**, Paris, 1805.

somados a um vetor de erros ou desvios do modelo. Genericamente, o modelo estatístico de uma regressão linear múltipla com  $k - 1$  variáveis explicativas pode ser representado pela expressão (JOHNSTON, 1984):

$$\mathbf{y} = \beta_1 \mathbf{x}_1 + \beta_2 \mathbf{x}_2 + \dots + \beta_k \mathbf{x}_k + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (4.8)$$

onde cada um dos vetores é um vetor coluna de  $n$  elementos, sendo:

$\mathbf{y}$  = vetor das variáveis dependentes ou explicadas;

$\mathbf{x}_1$  = vetor contendo valores unitários, para estimar o termo constante;

$\mathbf{x}_i$  = vetor das variáveis independentes ou explicativas, sendo  $i = 2, 3, \dots, k$ ;

$\beta_j$  = parâmetros a serem estimados,  $j = 1, 2, \dots, k$ ;

$\boldsymbol{\varepsilon}$  = vetor dos erros aleatórios do modelo.

Utilizando a forma matricial a equação (4.8) pode ser expressa como:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (4.9)$$

onde:

$$\mathbf{y} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \quad \mathbf{X} = \begin{bmatrix} | & | & \dots & | \\ \mathbf{x}_1 & \mathbf{x}_2 & \dots & \mathbf{x}_k \\ | & | & \dots & | \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{\beta} = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \boldsymbol{\varepsilon} = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix}$$

Os parâmetros  $\beta_j$  da equação (4.8) podem ser estimados a partir de observações simultâneas das variáveis  $Y$  e  $X$ . Para tanto, alguns pressupostos envolvendo o modelo terão de ser estabelecidos. Esses pressupostos são os seguintes (JOHNSTON, 1984):

- O vetor dos erros  $\boldsymbol{\varepsilon}$  é aleatório com distribuição normal multivariada de média nula;
- Independência entre  $\varepsilon_i$  e  $X_i$ , ou seja,  $E(\varepsilon_i X_{1i}) = E(\varepsilon_i X_{2i}) = \dots = E(\varepsilon_i X_{ki}) = 0$ ;
- Ausência de multicolinearidade perfeita – A matriz das variáveis explicativas  $[x_{ij}]$  tem posto igual a  $k$  e  $n > k$ ;

Em muitas aplicações adotam-se ainda as seguintes hipóteses que embora não essenciais permitem a adoção do método de estimativa dos parâmetros conhecido por mínimos quadrados ordinários (OLS).

- Homoscedasticidade –  $\varepsilon_i$  tem variância constante, ou seja,  $E(\varepsilon_i^2) = \sigma^2 = \text{cte}$ ;
- Ausência de correlação dos erros  $\varepsilon_i$ . Isso significa que  $E(\varepsilon_i \varepsilon_j) = 0$  para  $i \neq j$ ;

Finalmente assume-se implicitamente que o modelo tem especificação correta, no sentido de que todas as variáveis explicativas importantes são consideradas explicitamente no modelo e a forma matemática de transformação dos atributos em variáveis explicativas seja corretamente definida.

Considerando-se a equação (4.9), sendo  $\boldsymbol{\varepsilon}$  um vetor aleatório resulta que  $\mathbf{y}$  também é aleatório com variância igual a de  $\boldsymbol{\varepsilon}$ , porém média igual a  $E(\mathbf{y}) = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta}$ .

#### 4.3.1 Estimativa dos Parâmetros de Regressão

Nesta pesquisa, o modelo de regressão será estimado utilizando-se o método dos mínimos quadrados ordinários (OLS), descrito a seguir.

Considerando as hipóteses do modelo dado pela equação (4.8) anteriormente enumeradas, e designando o vetor do estimador de  $\beta$  por  $\mathbf{b}$  o modelo resulta:

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\mathbf{b} + \mathbf{e} \quad (4.10)$$

onde  $\mathbf{e}$  é o vetor dos resíduos que difere de  $\varepsilon$  pois incorpora os erros amostrais dos estimadores  $\mathbf{b}$ . O produto  $\hat{\mathbf{y}} = \mathbf{X}\mathbf{b}$  recebe o nome de valor estimado de  $\mathbf{y}$ .

O princípio do método dos mínimos quadrados para estimar  $\mathbf{b}$  é o de minimizar a soma do quadrado dos resíduos  $\mathbf{e}'\mathbf{e}$ , dada pela expressão (4.11):

$$\mathbf{e}'\mathbf{e} = (\mathbf{y} - \mathbf{X}\mathbf{b})'(\mathbf{y} - \mathbf{X}\mathbf{b}) = \mathbf{y}'\mathbf{y} - 2\mathbf{b}'\mathbf{X}'\mathbf{y} + \mathbf{b}'\mathbf{X}'\mathbf{X}\mathbf{b} \quad (4.11)$$

Onde  $\mathbf{X}'$  e  $\mathbf{b}'$  correspondem aos transpostos da matriz  $\mathbf{X}$  e do vetor  $\mathbf{b}$  respectivamente.

Lembrando-se que a condição necessária para a obtenção do ponto mínimo requer que a diferencial da equação (4.11) acima seja igualada a zero e adotando as regras de derivação de funções multivariadas (JOHNSTON, 1984), obtém-se:

$$\frac{\partial(\mathbf{e}'\mathbf{e})}{\partial \mathbf{b}} = -2\mathbf{X}'\mathbf{y} + 2\mathbf{X}'\mathbf{X}\mathbf{b} = 0 \quad (4.12)$$

ou

$$(\mathbf{X}'\mathbf{X})\mathbf{b} = \mathbf{X}'\mathbf{y} \quad (4.13)$$

que constitui um sistema de  $k$  equações a  $k$  incógnitas denominado na literatura de equações normais.

Assumindo-se que  $\mathbf{X}'\mathbf{X}$  é não singular, o que decorre do fato de  $\mathbf{X}$  ter posto igual  $k$ , existe a matriz inversa  $(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ , e o sistema (4.13) tem solução única dada

pela seguinte expressão:

$$\mathbf{b} = (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}'\mathbf{y} \quad (4.14)$$

Os estimadores definidos pela equação (4.14) são usualmente conhecidos como estimadores OLS dos coeficientes  $\beta$  da equação (4.8).

Um resultado importante no contexto dos estimadores OLS é que sendo  $\mathbf{e} = \mathbf{y} - \mathbf{X}\mathbf{b}$  o resíduo, resulta:

$$\mathbf{X}'\mathbf{e} = \mathbf{X}'\mathbf{y} - \mathbf{X}'\mathbf{X}\mathbf{b} = 0 \quad (4.15)$$

O primeiro elemento do vetor  $\mathbf{X}'\mathbf{e}$  equivale a  $\sum e$  pois a primeira coluna de  $\mathbf{X}$  é uma coluna de unidades. Portanto  $\sum e = 0$ , ou seja, a soma dos resíduos é nula se a regressão tem termo independente.

No caso de serem satisfeitas todas as hipóteses definidas anteriormente, principalmente o da homoscedasticidade o teorema de Gauss-Markov (JOHNSTON, 1984) estabelece que os estimadores OLS são os estimadores lineares não tendenciosos de mínima variância, conhecidos pela sigla em inglês BLUE (*best linear unbiased estimator*). As propriedades estatísticas do estimador  $\mathbf{b}$  podem ser estabelecidas como:

$$E(\mathbf{b}) = \beta \quad (4.16)$$

$$Var(\mathbf{b}) = \sigma^2 (\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1} \quad (4.17)$$

onde  $\sigma^2$  é a variância dos erros  $\epsilon$  ( $Var(\epsilon) = \sigma^2 \mathbf{I}$ )

Além disso resulta da distribuição normal dos erros que os estimadores  $\mathbf{b}$  também sejam distribuídos segundo uma distribuição normal multivariada.

#### 4.3.2 Coeficiente de Determinação

Seja  $\mathbf{A}$  a matriz  $n \times n$ :

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 - \frac{1}{n} & -\frac{1}{n} & \cdots & -\frac{1}{n} \\ -\frac{1}{n} & 1 - \frac{1}{n} & \cdots & -\frac{1}{n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ -\frac{1}{n} & -\frac{1}{n} & \cdots & 1 - \frac{1}{n} \end{bmatrix} \quad (4.18)$$

A matriz  $\mathbf{A}$  obviamente é simétrica e idempotente ( $\mathbf{A}^2 = \mathbf{A}$ ). Ao multiplicar a matriz  $\mathbf{A}$  por um vetor ela transforma este vetor em um vetor de desvios em relação a média.

$$\mathbf{A}\mathbf{y} = \begin{bmatrix} Y_1 - \bar{Y} \\ Y_2 - \bar{Y} \\ \vdots \\ Y_n - \bar{Y} \end{bmatrix} \quad (4.19)$$

Se  $\mathbf{e}$  é o vetor dos resíduos da regressão ( que tem média nula) resulta:

$$\mathbf{A}\mathbf{e} = \mathbf{e} \quad (4.20)$$

Particionando a matriz  $\mathbf{X}$  das variáveis explicativas em  $\mathbf{X} = [\mathbf{1} : \mathbf{X}_2]$  a regressão (4.10) pode ser reescrita:

$$\mathbf{y} = \mathbf{1}b_1 + \mathbf{X}_2\mathbf{b}_2 + \mathbf{e} \quad (4.21)$$



onde  $\mathbf{1}$  é um vetor de elementos unitários  $[1, 1, \dots, 1]'$ ,  $b_1$  é o termo independente da regressão e  $\mathbf{b}_2$  é o vetor dos coeficientes angulares.

premultiplicando (4.21) por  $\mathbf{A}$  e considerando que  $\mathbf{A}\mathbf{1} = 0$

$$\mathbf{A}\mathbf{y} = \mathbf{A}\mathbf{X}_2\mathbf{b}_2 + \mathbf{e} \quad (4.22)$$

premultiplicando pela transposta de (4.22):  $\mathbf{y}'\mathbf{A} = \mathbf{b}_2'\mathbf{X}_2'\mathbf{A} + \mathbf{e}'$  e tendo em vista a idempotencia de  $\mathbf{A}$  e o fato de  $\mathbf{X}_2'\mathbf{e} = 0$  resulta:

$$\mathbf{y}'\mathbf{A}\mathbf{y} = \mathbf{b}_2'\mathbf{X}_2'\mathbf{A}\mathbf{X}_2\mathbf{b}_2 + \mathbf{e}'\mathbf{e} \quad (4.23)$$

Na equação (4.23)  $\mathbf{y}'\mathbf{A}\mathbf{y}$  é a soma dos quadrados dos desvios de  $Y$  denominada soma de quadrados totais (TSS), o termo  $\mathbf{b}_2'\mathbf{X}_2'\mathbf{A}\mathbf{X}_2\mathbf{b}_2$  é a soma dos quadrados dos desvios de  $\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{X}\mathbf{b}$  e recebe o nome de soma de quadrados explicados (ESS) representando a parcela da variação de  $\mathbf{y}$  explicada pela variação dos  $\mathbf{X}$  e finalmente  $\mathbf{e}'\mathbf{e}$  é a soma dos quadrados dos resíduos ou residual (RSS). Da equação (4.23) resulta que  $\text{TSS} = \text{ESS} + \text{RSS}$ .

O coeficiente de determinação ou explicação  $R^2$ , mede a parcela da variação de  $Y$  (TSS) explicada pela variação dos  $X$  (ESS), e pode ser definido pela expressão:

$$R^2 = \frac{\text{ESS}}{\text{TSS}} = 1 - \frac{\text{RSS}}{\text{TSS}} = 1 - \frac{\mathbf{e}'\mathbf{e}}{\mathbf{y}'\mathbf{A}\mathbf{y}} \quad (4.24)$$

O coeficiente de determinação  $R^2$  varia entre 0 a 1, e o seu valor depende do número de variáveis explicativas ( $k$ ) e do tamanho da amostra ( $n$ ). Portanto, os coeficientes de determinação não são adequadamente comparáveis para regressões com  $k$  e/ou  $n$  diferentes.

A fim de tornar os  $R^2$  comparáveis neste caso, utiliza-se o denominado  $R^2$  ajustado, que se trata de expressar  $R^2$  em termos de variância e não de variação, sendo definido como:

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\mathbf{e}'\mathbf{e}/(n-k)}{\mathbf{y}'\mathbf{A}\mathbf{y}/(n-l)} \quad (4.25)$$

#### 4.3.3 Estimador da Variância dos Erros

Dado que a variância dos erros  $\sigma^2$  é desconhecida, um estimador dessa variância torna-se necessário para permitir a inferência e testes de hipóteses no modelo OLS. Aparentemente esse estimador deve ser baseado na soma dos quadrados dos resíduos, mas ao requerer que o estimador seja não tendencioso resulta (JOHNSTON, 1984):

$$\sigma^2 = s^2 = \frac{\mathbf{e}'\mathbf{e}}{n-k} \quad (4.26)$$

#### 4.3.4 Inferência no modelo OLS

A significância dos coeficientes das variáveis explicativas  $X$  pode ser testada mediante a aplicação do teste  $t$  de *Student*. Esse teste verifica a hipótese nula  $H_0 : \beta_i = \beta_i^*$  sendo a estatística de teste dada por:

$$T = \frac{\beta_i - \beta_i^*}{s\sqrt{a_{ii}}} \quad (4.27)$$

onde  $s$  é o estimador de  $\sigma$ , desvio padrão dos erros, equação (4.26),  $a_{ii}$  ( $i = 1, 2, \dots, k$ ) é o elemento correspondente à variável  $X_i$  na diagonal principal da matriz  $(\mathbf{X}'\mathbf{X})^{-1}$ .

A estatística de teste (4.27) é distribuída segundo uma distribuição  $t$  de *Student* com  $n - k$  graus de liberdade (DAVORE, 1991) e rejeita-se a hipótese nula se  $T > t_{\alpha/2}$  com nível de significância  $1 - \alpha$ .

A verificação da significância dos coeficientes  $b_i$ , é feita adotando-se a hipótese nula  $H_0 : \beta_i = 0$ . Se for rejeitada o coeficiente  $\beta_i$  é considerado significativo. A maioria dos pacotes computacionais fornecem automaticamente os valores de  $T$  baseado em  $\beta^* = 0$ . Além disso fornecem também o chamado valor  $-p$  que corresponde ao menor nível de significância de rejeição da hipótese nula para o teste especificado e o conjunto de dados disponível (DAVORE, 1991).

Assim se valor  $-p$  for por exemplo 0,05 significa que ao rejeitar a hipótese nula a probabilidade de se cometer um erro tipo I (rejeitar  $H_0$  se  $H_0$  for verdade) é de 5%. Portanto aceita-se a hipótese nula do coeficiente  $\beta_i = 0$ . Evidentemente se o nível de significância para rejeição de  $H_0$  for estabelecido em 95% qualquer valor  $-p$  em excesso a 0,05 será motivo de aceitar a hipótese nula de  $\beta = 0$ .

Outro teste importante a ser feito quando se procura estabelecer um modelo de regressão é o teste da normalidade dos resíduos. Uma das hipóteses básicas do modelo

OLS é que os erros sejam normalmente distribuídos e isso pode ser testado usando um teste clássico de aderência como por exemplo o teste *Chi-quadrado* (DAVORE, 1991). O procedimento do teste consiste em dividir o domínio da variável aleatória em  $m$  classes e verificar a hipótese nula

$$H_0 : np_{it} = n_{io} \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad (4.28)$$

onde  $p_{it}$  é a probabilidade teórica da ocorrência de uma observação na classe  $i$ ,  $n_{io}$  é o número de valores observados na classe  $i$ ,  $n$  é o número total de observações, e  $m$  é o número de classes.

A estatística de teste é calculada como:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_{io} - np_{it})^2}{np_{it}} \quad (4.29)$$

sendo a hipótese nula rejeitada quando  $\chi^2 \geq \chi^2_{\alpha}(k-1)$ .

Para verificar a hipótese da homoscedasticidade foi utilizado teste de Pesaran e Pesaran (MATOS, 1997), que consiste em regredir o quadrado dos resíduos  $e_i^2$  sobre o quadrado dos valores estimados  $\hat{Y}_i^2$ , conforme mostrado a seguir:

$$e^2 = \alpha + \beta \hat{Y}^2 + v \quad (4.30)$$

O teste da significância do parâmetro  $\beta$  pelo teste  $t$  de *Student*, equação (4.27), permite avaliar a existência de heteroscedasticidade nos resíduos. A hipótese  $H_0 : \beta = 0$  corresponde a ausência heteroscedasticidade. Rejeitando-se a hipótese

nula implica em não poder considerar a hipótese da homoscedasticidade dos erros.

Portanto a estatística de teste é dada por:

$$T = \frac{b}{s\sqrt{\sum x_i'^2}} \quad (4.31)$$

onde  $b$  é o estimador OLS de  $\beta$ ,  $s$  é o estimador de  $\sigma$ , desvio padrão dos erros, equação (4.26), e  $x_i'$  são desvios da variável explicativa calculados da seguinte forma:

$$x_i' = x_i - \bar{x} \quad (4.32)$$

com  $x_i$  correspondendo ao quadrado dos valores estimados  $\hat{Y}_i^2$ , e  $\bar{x}$  a média aritmética destes valores.

Rejeita-se a hipótese nula  $H_0 : \beta = 0$  se  $T > t_{\alpha/2}$  com nível de significância  $1 - \alpha$ . Caso contrário, o coeficiente  $\beta$  é considerado insignificante, podendo ser aceita a hipótese de ausência de heteroscedasticidade.

Finalmente convém ao se estabelecer um modelo de regressão verificar a existência da chamada multicolinearidade que se traduz pela correlação mútua entre as variáveis explicativas. Os efeitos da multicolinearidade são altamente prejudiciais à precisão da estimativa dos parâmetros cuja variância amostral aumenta dramaticamente e os valores numéricos dos coeficientes são muito sensíveis a pequenas variações nos dados. Uma forma de detectar a existência de multicolinearidade (JOHNSTON, 1984) consiste em efetuar a regressão de cada variável explicativa contra as demais e avaliar o coeficiente de determinação  $R^2$ . O

aumento da variância amostral dos coeficientes  $b$  devido à multicolinearidade é dado por:

$$\frac{Var\ b}{Var\ b_0} = \frac{1}{1 - R^2} \quad (4.33)$$

onde  $Var\ b_0$  corresponde ao caso com variáveis  $X$  não correlacionados (i.e. a matriz  $\mathbf{X}'\mathbf{X}$  é diagonal). DAVORE (1991) menciona que se algum  $R^2$  entre variáveis explicativas excede 0,9 isso indica um nível severo de multicolinearidade.

#### 4.4 APLICAÇÕES DO MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS

A aplicação mais comum do método de preços hedônicos tem sido a obtenção de modelos de previsão de preços de bens transacionados no mercado imobiliário. Entretanto, existe ainda uma escassez de literatura disponível, especialmente no Brasil, em que o método tenha sido aplicado com objetivo de estimar a valoração ambiental. Poucos foram os estudos encontrados na literatura pesquisada, que tenham incluído na formulação do seu modelo de previsão, atributos ou características ambientais que influenciam o preço de mercado dos bens imobiliários analisados.

Pode-se observar que em grande parte dos trabalhos pesquisados foi dada maior atenção às características estruturais próprias do imóvel, tais como: tamanho, material de construção e antiguidade, do que às características relacionadas à qualidade ambiental da região onde o imóvel está inserido. Porém, pode-se perceber que esta tendência está se modificando, sendo atualmente já bem aceita a idéia de que muitos

diferenciais nos preços de propriedades refletem também diferenças no nível de seus atributos ambientais.

Dentro do contexto da valoração ambiental, os estudos mais freqüentes encontrados na literatura referem-se à estimação da influência da qualidade do ar, o nível de ruídos, ou a proximidade a áreas verdes na formação do preço de imóveis urbanos. De acordo com RIERA (1992), um exemplo clássico da utilização deste método é a estimação das variações (negativas) nos preços de propriedades situadas nas proximidades de aeroportos, ocasionadas pelos elevados níveis de ruído e o risco de acidentes.

Outro estudo bastante interessante foi realizado por GARROD E WILLIS<sup>19</sup> (apud MOTTA, 1998; HERRUZO, 2002), que aplicaram o método dos preços hedônicos para estimar os benefícios ambientais associados às florestas localizadas na Grã-Bretanha. Este estudo apresentou uma maior rentabilidade social para os locais próximos às florestas que proporcionam mais amenidades - as folhosas – em relação às coníferas, que permitem maior produção madeireira. Segundo MOTTA (1998, p. 104), com base na função de preços de residências, os autores deste estudo concluíram que, “um aumento de 1% na área de folhosas, mantendo as outros variáveis nos seus valores médios, aumenta o preço esperado da residência em quase US\$ 69,00, enquanto para as coníferas, a mesma variação relativa geraria uma redução de, aproximadamente, US\$ 226,00.”

Contudo, pode-se observar que é na literatura norte-americana onde são

---

<sup>19</sup> GARROD, G.E.; WILLIS, K. **The environmental economic impact of woodland**: a two-stage hedonic price model of the amenity value of forestry in Britain. *Applied Economics*, v.24, pp. 715-728, 1992.

encontrados a maioria dos trabalhos que analisam o valor da propriedade frente à poluição urbana. Na tabela 4.1 apresentam-se resumidamente alguns destes estudos.

TABELA 4.1 – ESTUDOS RELATIVOS A CIDADES AMERICANAS

| <b>Autores/Enfoque/Cidade</b>   | <b>Variável Dependente</b>   | <b>Variáveis Independentes</b>   |
|---|--|--|
| Ridker & Henning (1967)<br><br>Qualidade do ar<br><br>St. Louis/1960  | Valor médio da moradia   | Índice anual de partículas em suspensão no ar, número médio de cômodos por unidade; % de construções recentes; total de moradia por área estudada; tempo de viagem ao centro; % de unidades com não brancos; qualidade da escola local; acessibilidade à via expressa; estado (Illinois/Missouri); densidade populacional da área; renda média familiar. |
| Anderson & Crocker (1971)<br><br>Qualidade do ar<br><br>Washington/1960<br>Kansas City/1960<br>St. Louis/1960                               | Valor médio da propriedade (estimado pelo proprietário)<br><br>Renda média bruta<br><br>Renda média contratada (inclui despesas extras de moradia) | Média anual de óxidos de enxofre; taxas de partículas em suspensão; porcentagem de não brancos na área; renda familiar média; % de unidades com mais de 20 anos; % de construções mal conservadas; distância ao centro; número de cômodos.   |
| Blomquist (1974)<br><br>Usina elétrica a carvão<br><br>Winnetka/1970  | Valor médio da propriedade habitacional  | Distância da usina, número de cômodos; distância ao lago Michigan; distância a ferrovia; distância ao parque, distância ao centro comercial local; % de negros na área.  |
| Glamble & Downing (1982)<br><br>Usina nucleares<br><br>Lacey/1975-1977<br>Waterford/1975-1977<br>Rochester/ 1975-1977<br>Plymouth/1975-1977 | Valor de venda da moradia  | Usina visível (0/1); distância da usina; construção anterior a 1914 (0/1); área de terreno; vista da moradia (0/1); distância ao emprego; área do piso inferior; área do piso superior; área do porão; vagas para carro; garagem coberta (0/1); número de aquecedores; aquecimento central (0/1); mais 14 variáveis físicas e locacionais.               |



TABELA 4.1 – ESTUDOS RELATIVOS A CIDADES AMERICANAS (CONT.)

| <b>Autores/Enfoque/Cidade</b>   | <b>Variável Dependente</b>  | <b>Variáveis Independentes</b>   |
|---|---|--|
| Smith (1978)<br><br>Qualidade do ar<br><br>Chicago (1971)   | Preço do lote<br><br>Diferença do preço do lote (sobre o valor mínimo para lote vendido na área). | Concentração de partículas em suspensão no ar; distância ao aeroporto (trabalho); distância ao transporte integrado; uso do solo na vizinhança (0/1); acesso à rede de água/esgoto (0/1); taxa de imposto territorial; distância ao centro; % de população não branca.   |
| Zeiss & Atwater (1989)<br><br>Aterro sanitário<br>Tacoma/1986<br><br>Incinerador<br>Salem/1983-1987 | Valor de venda da moradia   | Distância da inst. de tratamento do lixo; visibilidade da instalação; odor; barulho; qualidade do ar; qualidade da água; risco de acidente; vegetação e habitat natural; fonte de informação; número de quartos; garagem; lareira; idade da construção; tamanho do terreno; área de risco; condições de conservação. |

FONTE: BORBA (1992)

No Brasil, conforme já mencionado anteriormente, são ainda pouco frequentes as aplicações do método de preços hedônicos. Na literatura pesquisada, encontram-se apenas dois estudos que utilizaram este método com o intuito da valoração ambiental.

A primeira aplicação que se tem notícia foi realizada por BORBA (1992), que através do método dos preços hedônicos, determinou um modelo de avaliação da propriedade imobiliária referenciado à qualidade ambiental, como instrumento para estudos de impacto ambiental. Este autor aplicou o modelo para estimar os efeitos no valor imobiliário do problema do odor exalado pela operação de compostagem de lixo, impacto causado no meio ambiente pela Usina da Vila Leopoldina em São Paulo.

Já UBERTI (2000), desenvolveu um modelo, utilizando-se do método dos preços hedônicos, para a avaliação da influência de variáveis ambientais nos valores de imóveis urbanos, do tipo apartamento, localizados no centro de Florianópolis. Foram avaliados nesta pesquisa os seguintes atributos ambientais: ruído ou poluição sonora, vista panorâmica, distância a Avenida Beira Mar Norte e distância à área verde. Com base no modelo de preços obtido, a autora deste estudo concluiu que, “A diferença nos valores unitários dos imóveis que compõem a amostra, da condição ambiental mais favorável a condição ambiental menos favorável, teve variação em torno de 40% a 46%, o que comprova a influência de uma boa qualidade ambiental na variação dos valores da propriedade”.

Além destes dois estudos, foram encontrados alguns outros trabalhos realizados abordando o mercado brasileiro, os quais utilizaram o método dos preços hedônicos para a obtenção de modelos de previsão de preços de imóveis, tendo como principal objetivo o estudo e análise do comportamento do mercado imobiliário, não tendo sido analisada nos seus modelos nenhuma característica ou atributo ambiental. A seguir apresentam-se dois exemplos deste tipo de trabalho.

MACEDO (1996) realizou um estudo, utilizando o modelo de preços hedônicos, para analisar o mercado de apartamentos residenciais de Belo Horizonte. Neste estudo, o autor levou em consideração, como fonte de variação de preço, a área, a idade e utilização de espaço de garagem. Como conclusão, o autor argumenta que o efeito da vizinhança é uma fonte importante na variação de preço dos apartamentos em

Belo Horizonte, salientando que os dados apóiam a necessidade da inclusão dos efeitos espaciais nos estudos de determinação de preço.

FERREIRA NETO (2002), obteve um modelo de previsão para os preços de apartamentos, praticados no mercado imobiliário da cidade do Rio de Janeiro, utilizando a metodologia do preço hedônico. Nesta pesquisa levaram-se em consideração as características físicas (e.g. tamanho, quantidade de quartos, distância ao centro da cidade), as de vizinhança (e.g. quantidades de escolas, de hospitais, de bancos, supermercados), e de segurança (e.g. incidência de homicídios, roubos de veículos, de residências) dos imóveis analisados.

Finalmente, vale a pena ressaltar que não foi encontrado na literatura nacional nenhum estudo que tenha utilizado o método dos preços hedônicos para tentar estimar o efeito do risco de ocorrência de inundação na formação do preço de propriedades, que se constitui no assunto abordado neste trabalho. Porém, na literatura internacional foram encontrados alguns trabalhos interessantes que analisam a variação no valor da propriedade devido à ocorrência ou não de inundação nos imóveis.

O estudo mais recente encontrado foi o realizado por SHULTZ E FRIDGEN (2001), que utilizaram o método de preços hedônicos para avaliar o impacto da localização em planícies de inundação de 100 e 500 anos de retorno no valor de mercado de residências situadas nas cidades norte-americanas de *Fargo (North Dakota)* e *Moorhead (Minnesota)*. Os dados utilizados incluem informações das residências vendidas nestas cidades entre janeiro de 1995 e agosto de 1998, abrangendo 4.500 imóveis, dos quais cerca de 3.300 foram vendidos em *Fargo*, e

1.200 em *Moorhead*. Foram consideradas, como fonte de variação de preço, as seguintes características:

- Estruturais: área construída e do terreno, idade, número de banheiros e de vagas na garagem, além de 3 variáveis binárias representando se a residência tem ar condicionado central, se possui porão em concreto, e se está hipotecada.

- De vizinhança: % da área dos arredores usada para fins comerciais, % usada para fins industriais, e % utilizada em moradia, e 9 variáveis binárias para avaliar dentro de qual das 10 jurisdições escolares existentes a residência está localizada.

- Ambiental: distância do imóvel até o parque ou área de recreação mais próxima, além de 2 variáveis binárias representando a proximidade de campos de golfe, e se a mesma está localizada ao longo do rio *Red River*.

- De inundação: 2 variáveis binárias para avaliar se a residência está localizada dentro das planícies de inundação relativas a 100 e 500 anos de retorno.

Considerando o modelo resultante, observou-se que o fato de uma residência estar localizada na planície de inundação de 100 anos de retorno reduziria o seu valor de mercado esperado em US\$ 8.990. Já no caso de estar localizada na planície de inundação de 500 anos de retorno, a residência aumentaria o seu valor em US\$ 3.100. Com base nos resultados obtidos, os autores do estudo concluíram que mais discussões são necessárias a respeito da localização em planícies de inundação de 500 anos de retorno, e que o método de valoração de preços hedônicos pode ser usado para estimar as perdas e benefícios econômicos associados a projetos de mitigação de enchentes.

Além do estudo mencionado, foram encontrados três outras publicações em que

foi utilizado o método dos preços hedônicos com o intuito de avaliar a influência no valor de propriedades pela ocorrência ou não de inundação. Na tabela 4.2 a seguir apresenta-se uma síntese destes estudos. A variável dependente em todos estes estudos foi o preço de venda do imóvel.

TABELA 4.2 – ESTUDOS QUE AVALIAM A OCORRÊNCIA DE INUNDAÇÃO

| <b>Autores / Cidade</b>                                     | <b>Dados</b>                                | <b>Variáveis Explicativas</b>  | <b>Comentários</b>  |
|---|---|--|---|
| Griffith (1994)<br><br>Abilene (TX)                         | 3.724 vendas reais, de 1989 a 1992          | Data da venda; tamanho, % de graduados na vizinhança; zonas de frequência da inundação (10, 25, 50, 100, 200, e 500 anos de retorno), valor do prêmio de seguro, e se o banco emprestador reforçou a exigência da compra do seguro de inundação (0/1).   | Obtiveram-se 3 modelos log-lineares onde as variáveis relacionadas à inundação utilizaram-se assim: 1) se a casa estava na área inundável de 100 anos (0/1); 2) frequência da inundação; e 3) índice do prêmio de seguro de cheia e se a exigência da compra do seguro foi reforçada. Todas estas variáveis apresentaram coeficientes significativos.       |
| Donnelly (1989)<br><br>La Crosse (WI)                       | 345 casas vendidas, entre 01/1984 e 12/1985 | Imposto; área construída e do terreno; idade; tamanho da garagem; ar condicionado (0/1); lareira (0/1); ano da venda (1984/1985); zona da cidade (Norte/Sul); e uma variável de inundação, dada pelo produto da localização em área inundável (0/1) e o imposto predial obrigatório                      | O coeficiente de regressão da variável de inundação indicou que, para um imóvel localizado em áreas inundáveis, o preço de venda se reduz em US\$ 5,53 para cada dólar do imposto predial obrigatório   |
| Shilling, Sirmans & Benjamin (1989)<br><br>Baton Rouge (LA) | 114 vendas de casas de 12/1982 a 02/1984    | Idade; área construída e do terreno; outras áreas (e.g. varanda, garagem); tipo de financiamento; variável da tendência do tempo ( <i>time trend variable</i> ); nº de dias no mercado; prêmio do seguro de inundação; e uma variável se a propriedade localiza-se ou não na planície de inundação (0/1) | Dois modelos semi-log foram obtidos onde as variáveis relacionadas à inundação utilizaram-se assim: 1) valor do prêmio do seguro de inundação como um variável independente, e 2) localização dentro da planície de inundação (0/1). Os coeficientes encontrados em ambos casos tiveram o sinal correto esperado resultaram significativos ao nível de 10%. |

#### 4.5 LIMITAÇÕES DO MÉTODO DOS PREÇOS HEDÔNICOS

Uma das principais limitações deste método está em que ele só pode ser aplicado quando os consumidores possuem plena consciência dos benefícios ou custos ambientais a serem estimados, ou seja, quando as características ambientais analisadas sejam quantificáveis e facilmente observadas pelos indivíduos, que assim poderão expressar indiretamente sua disposição a pagar pela disponibilidade/qualidade de bens ou serviços ambientais através da diferença nos preços pagos por bens imobiliários. De fato, se as pessoas não percebem os efeitos de um atributo ambiental, o mesmo não influenciará sua decisão de compra de um imóvel, e sendo assim, o valor desta característica ambiental não se refletirá no preço de mercado de propriedades.

Uma segunda limitação do método diz respeito ao fato de que, ao simular um mercado de bens imobiliários, o método está supondo que existe informação plena entre os indivíduos para avaliar todas as opções de compra, e que os compradores possuem liberdade de escolha das propriedades em todo o mercado. Geralmente isto não acontece na realidade, onde há assimetria de informação e restrição de compra de imóveis em certas regiões.

Uma importante dificuldade encontrada na aplicação do método dos preços hedônicos refere-se à escolha apropriada das variáveis a serem modeladas e a posterior coleta dos dados requeridos. Observa-se que a demanda por informações é bastante significativa, sendo que a qualidade dos dados afetará sensivelmente a qualidade das estimativas resultantes. Desta forma, a aplicação do método requer a execução de uma

coleta de dados detalhada e cuidadosa, visando compor um banco de dados confiável, que contenha uma variedade de informações dos atributos que influenciam os preços das propriedades analisadas.

Outras restrições para a aplicação do método em pauta envolvem os problemas econométricos enfrentados na estimativa das funções de preços hedônicos, principalmente no que diz respeito à identificação da forma funcional que melhor se ajusta aos dados observados, e à verificação da possibilidade de existência de multicolinearidade entre as variáveis explicativas incluídas no estudo.

Finalmente, cabe mencionar que como acontece na maioria dos métodos de valoração ambiental existentes, este método também peca pela incapacidade de capturar os valores de não-uso ou de existência, conseguindo captar apenas os valores de uso direto, indireto e de opção do recurso ambiental. MOTTA (1998, p. 37) destaca que, “O próprio fato de admitir fraca complementaridade, isto é, a demanda pelo atributo ambiental foi zero quando a demanda por propriedades com este atributo é zero, elimina a possibilidade de captar valores de não-uso”.

Todavia, vale a pena ressaltar que, mesmo com toda esta série de limitações, o método de preços hedônicos pode fornecer uma boa estimativa nos casos em que a característica de interesse seja de fácil percepção pela sociedade, como é o caso deste estudo, onde o atributo de interesse corresponde ao risco de ocorrência de inundação nos imóveis analisados. Segundo comentários de RAMOS (2000), uma das formas mais eficazes de se avaliar o benefício de intervenções para controle de cheias é através da comparação de preços de propriedade com e sem a intervenção analisada.

Entretanto, numa situação onde os indivíduos não tenham clara percepção sobre o recurso ambiental estudado, como, por exemplo, a existência de um rico lençol freático no subsolo de uma região, os preços dos imóveis provavelmente não refletirão a importância deste atributo ambiental, sendo, portanto, não recomendado o uso desta metodologia. Assim, de acordo com MOTTA (1998), a aplicação do método de preços hedônicos é recomendável somente nos seguintes casos:

- 1) quando existe alta correlação entre a variável ambiental e o preço da propriedade;
- 2) quando é possível avaliar se todos os atributos que influenciam o preço de mercado de imóveis podem ser captados;
- 3) quando as hipóteses adotadas para cálculo do excedente do consumidor, com base nas medidas estimadas do preço marginal do atributo ambiental, podem ser realistas.



## 5 ESTUDO DE CASO

### 5.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área escolhida para o desenvolvimento do modelo proposto para a avaliação de benéficos econômicos do controle de cheias urbanas é a bacia hidrográfica do rio Atuba.

O rio Atuba, junto com o rio Irai, formam o rio Iguaçu, sendo afluente pela margem direita. A sua bacia hidrográfica localiza-se no Primeiro Planalto Paranaense, na Região Metropolitana de Curitiba - RMC, percorrendo no sentido geral norte-sul parte dos municípios de Almirante Tamandaré, Colombo, Curitiba e Pinhais, numa extensão de cerca de 28 km entre suas nascentes e a sua foz no rio Iguaçu.

A área de drenagem da bacia hidrográfica do rio Atuba abrange uma extensão territorial de cerca de 127 km<sup>2</sup>, estando aproximadamente 13% localizados no município de Almirante Tamandaré, 28% no município de Colombo, 51% no município de Curitiba e 8% no município de Pinhais. Na figura 5.1 a seguir é apresentada a localização da bacia do rio Atuba.

O rio Atuba possui como principal afluente o rio Bacacheri pela margem direita. Nas cabeceiras desta bacia encontra-se parte da formação geológica que constitui o denominado Aquífero Karst, um dos mananciais abastecedores de água potável da RMC.



Com relação à ocupação do solo, de acordo com SUDERHSA (2002), pode-se observar que a maior parte da bacia do rio Atuba é atualmente ocupada por áreas urbanizadas. A densidade demográfica média estimada para o ano de 1999 é de 32,5 hab/ha, estando prognosticado que para o ano 2020 a densidade demográfica média alcance o valor de 52 hab/ha.

Nas regiões mais ao sul a urbanização é mais densa, encontrando-se áreas ocupadas por parte dos municípios de Curitiba, Pinhais e Colombo. Já mais ao norte, próximo às suas nascentes, a urbanização apresenta menor densidade, estando localizadas nessa região as sedes dos municípios de Almirante Tamandaré e Colombo, onde são encontradas ainda parcelas de regiões tipicamente agrícolas.

Ainda conforme SUDERHSA (2002), os estudos do Plano de Despoluição da RMC concluíram que, embora estejam em operação na bacia algumas indústrias, não existem nesta bacia áreas com vocação para uma ocupação industrial futura mais intensa.

Em função de suas características de densa ocupação urbana, a bacia do rio Atuba, principalmente nos trechos médio e jusante, torna-se bastante suscetível à ocorrência de enchentes urbanas, e têm sofrido cada vez com maior frequência e intensidade os efeitos negativos gerados por este tipo de evento hidrológico. O mais dramático é que o risco de inundações nesta bacia só tende a aumentar, pois continua ocorrendo um acelerado crescimento demográfico nesta região, aumentando a impermeabilização do solo e acelerando o escoamento superficial. Também as invasões irregulares geralmente situadas junto às margens dos canais naturais tendem a

agravar o problema das enchentes.

Sendo assim, torna-se necessário que o poder público tome as decisões e providências mais adequadas, visando ocasionar uma boa reestruturação no sistema de drenagem e controle de cheias da bacia em questão, de forma a conseguir minimizar, e se possível eliminar, os impactos causados pela ocorrência freqüente de inundações na região.

Porém, antes de tudo é fundamental que os tomadores de decisão entendam que para resolver satisfatoriamente o problema de enchentes não basta executar obras isoladas e desconexas, pois na maioria das vezes, intervenções deste tipo acabam apenas transferindo o problema das cheias de um lugar para outro da bacia. Para obter uma solução eficiente e duradora, é necessário primeiramente elaborar um planejamento apropriado das ações a serem tomadas no intuito de resolver o problema em questão.

Dentro deste contexto, propõe-se nesta dissertação de mestrado o desenvolvimento de uma metodologia para a quantificação dos benefícios econômicos advindos da implementação de medidas de controle de cheias, utilizando para tal o método de preços hedônicos. Através desse método é possível comparar os preços dos imóveis localizados em áreas que sofrem ou não com a ocorrência de inundações, e portanto o ganho global no valor imobiliário da região com a implementação de medidas de controle de cheias.

Com a consolidação desta metodologia, espera-se fornecer subsídios para a análise de decisão de investimentos em controle de cheias, de tal forma que os

benefícios quantificados através da mesma, quando cotejados com os custos de implantação das intervenções, auxiliem aos tomadores de decisão na identificação do cenário de medidas de controle de cheias mais adequado à bacia hidrográfica em estudo, dentro de um horizonte de projeto pré-estabelecido, e possibilitem a hierarquização dos investimentos requeridos.

Esta quantificação de benefícios fornecerá, portanto, a base para uma análise custo-benefício para a decisão de investimentos em intervenções em controle hídrico, que orientará o planejamento dos recursos hídricos nesta bacia hidrográfica, visando resolver da melhor maneira possível o problema das inundações.

## 5.2 METODOLOGIA DE ANÁLISE

### 5.2.1 Considerações Gerais

O objetivo principal desta pesquisa é propor um modelo que permita estimar parâmetros econômicos para o estabelecimento de relações de custo-benefício de obras de controle de cheias. Embora os benefícios advindos de controle de cheias sejam bem mais abrangentes (e.g. prejuízos diretos e indiretos não vinculados ao valor da propriedade) no contexto desta dissertação o benefício sócio-econômico é definido como o acréscimo no valor dos imóveis resultante da redução do risco de inundação proporcionado pela implementação dessas obras de controle.

Para tanto é necessário estabelecer um modelo matemático que permite definir

a variabilidade do valor de mercado de um imóvel em função da probabilidade de ser atingido por uma cheia, em um dado período.

O desenvolvimento deste modelo parte da premissa básica de que o preço de uma propriedade é composto por suas diversas características, aquelas específicas à propriedade (estruturais), às específicas à localização (localizacionais), as referentes à disponibilidade de bens e serviços de infra-estrutura e as relativas ao meio ambiente (ambientais). Na área de estudo, além destas variáveis, o valor de um bem imobiliário é também fortemente influenciado pela probabilidade de ocorrência de inundação nos imóveis situados na região.

Isto posto, pretende-se, utilizando a metodologia dos preços hedônicos apresentada no capítulo 4, ajustar um modelo de previsão para os preços de imóveis localizados na área de estudo. Este modelo será obtido com base em procedimentos econométricos, usando particularmente a técnica da regressão múltipla para relacionar o valor da propriedade com suas características estruturais, localizacionais, de infra-estrutura e ambientais, com ênfase à variável correspondente à probabilidade de ocorrência de inundação.

Para conseguir alcançar o objetivo proposto, a realização deste estudo de caso foi desenvolvida seguindo as etapas de trabalho citadas abaixo:

(i) Definição dos atributos a serem considerados

Nesta etapa procurou-se definir as características que poderiam ser importantes na formação do preço de imóveis localizados na área de estudo, de tal forma a orientar o posterior levantamento de dados. Após análise detalhada da área de estudo, as

variáveis definidas para serem levantadas foram:

- Estruturais: área construída, área do terreno, tipo da construção e idade do imóvel.
- Localizacionais: município, distância ao centro urbano principal e proximidade a áreas com ocupação irregular.
- De Infra-estrutura: tipo de pavimentação, disponibilidade de sistema de coleta de esgoto e proximidade a equipamentos urbanos.
- Ambiental: proximidade a áreas verdes e de recreação.
- De Inundação: risco de ocorrência de inundação na área onde se localiza o imóvel, expresso pelo período de retorno.

#### (ii) Pesquisa no mercado imobiliário

Nesta etapa foi realizado um levantamento dos imóveis disponibilizados para venda na região de estudo, através de consultas a jornais, internet, contato telefônico e pessoal junto às imobiliárias, além de visitas a campo, principalmente nas áreas em que o risco de ocorrência de inundação possui período de retorno mais baixo. As informações coletadas nesta fase referem-se à localização precisa dos imóveis, os preços de venda ofertados pelos mesmos e as suas respectivas características estruturais. O detalhamento das atividades e dados obtidos nesta etapa é apresentado no tópico 5.2.2.

#### (iii) Localização dos imóveis na área de estudo

Nesta etapa foi realizada a localização dos imóveis disponíveis para venda na área de estudo, através da consulta a mapas e guias de arruamento, e de visitas a

campo. Estas localizações foram lançadas num mapa da área de estudo, de forma a facilitar a avaliação de outros atributos considerados no estudo.

(iv) Avaliação dos atributos localizacionais, de infra-estrutura e ambiental

Uma vez levantados e localizados no mapa os imóveis disponíveis para venda na área de estudo, procedeu-se à avaliação dos seus respectivos atributos localizacionais, de infra-estrutura e ambiental.

Para a caracterização da área de estudo quanto ao grau de atendimento destes tipos de atributos foi necessária a realização de uma intensa pesquisa junto aos órgãos públicos dos municípios onde se localizam os imóveis selecionados para este estudo.

As fontes consultadas para a caracterização de cada um destes atributos na área em estudo, assim como os procedimentos utilizados para a avaliação dos imóveis selecionados quanto ao grau de atendimento de cada um destes atributos, estão descritas no tópico 5.2.3.

(v) Avaliação do atributo de inundação

Nesta etapa foi realizada a caracterização dos imóveis selecionados quanto ao risco de ocorrência de inundação associado à localização em que cada um destes imóveis se encontra. A base de dados utilizada e os critérios adotados para a avaliação deste atributo estão detalhados no tópico 5.2.4.

(vi) Formulação do modelo matemático

O modelo matemático básico utilizado foi o modelo de regressão linear múltipla com variáveis explicativas contínuas e variáveis binárias para atributos do tipo sim/não.



Nesta etapa foi realizado um grande número de testes de regressões múltiplas, utilizando-se para tal o software EXCEL, o qual possui uma ferramenta que resolve problemas de regressão múltipla através do método dos mínimos quadrados ordinários (OLS), apropriado para variáveis aleatórias dependentes homoscedáticas.

Buscando obter um modelo que melhor se ajuste aos dados observados, todas as variáveis explicativas selecionadas foram testadas nas formas funcionais mais utilizadas, a saber, a forma direta, logarítmica e inversa. Além disto, alguns atributos foram também testados usando alternativamente variáveis contínuas ou binárias (0/1), quando podiam ser considerados de uma ou de outra maneira.

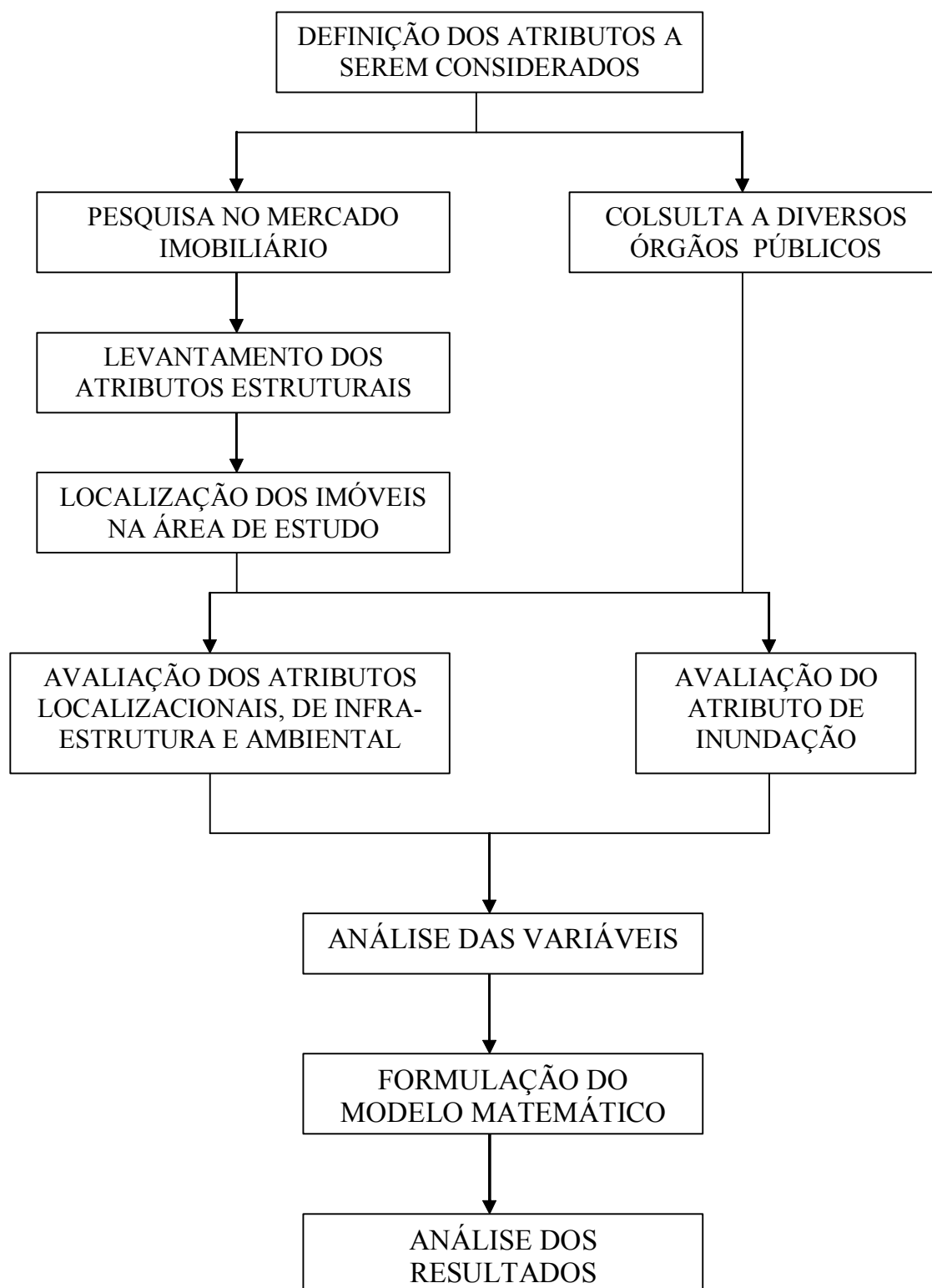
(vii) Análise dos resultados

Todas as regressões testadas foram analisadas através de testes estatísticos apropriados com respeito a significância estatística dos coeficientes. Além disto, testes estatísticos usuais na análise de variância (ANOVA) permitiram verificar a qualidade do ajuste global da regressão múltipla resultante.

Após exaustivos testes e comparando o desempenho do ajuste ( $\bar{R}^2$ ), a coerência do sinal dos coeficientes e das variáveis envolvidas foi adotado um modelo log-linear com um “mix” de variáveis contínuas e binárias apresentado detalhadamente na seção 5.3.

Na figura 5.2 a seguir apresenta-se um fluxograma onde podem ser visualizadas todas as etapas citadas anteriormente.

FIGURA 5.2 – FLUXUGRAMA DAS ETAPAS DO ESTUDO DE CASO



### 5.2.2 Levantamento dos Valores Imobiliários

Os dados de mercado imobiliário utilizados neste estudo foram coletados para a bacia do rio Atuba, composta por parte dos municípios de Curitiba, Colombo, Pinhais e Almirante Tamandaré, ao longo do período de junho a agosto de 2004, através da consulta às seguintes fontes:

- Classificados de jornais;
- Endereços eletrônicos de imobiliárias disponíveis na internet;
- Entrevistas telefônicas e pessoais com imobiliárias e corretores de imóveis independentes;
- Visitas a campo.

As visitas a campo foram realizadas principalmente nas regiões onde estão localizadas as superfícies com risco de inundação de tempo de recorrência de 10 e 25 anos. As áreas inundáveis associadas a estes dois tempos de recorrência foram utilizadas como referência nesta pesquisa em função da base de dados utilizada, onde estão disponibilizadas somente as linhas de inundação relativas a estes dois períodos de retorno. Este assunto será melhor e mais detalhadamente explicado no tópico 5.2.4.

Cabe mencionar que, as visitas a campo foram realizadas com o intuito de identificar e levantar os dados estruturais e localizacionais da maior quantidade possível de imóveis que se encontravam à venda nas regiões de interesse, de forma a complementar e melhorar as informações relativas à amostra, dos imóveis situados principalmente nas áreas de maior risco de ocorrência de enchentes.

Durante o período de pesquisa de mercado foi possível obter dados de 159 imóveis situados na bacia do rio Atuba, dentro dos municípios de Curitiba, Pinhais e Colombo. Neste estudo, optou-se por desconsiderar os imóveis localizados no município de Almirante Tamandaré, apesar de abranger parte da bacia do Atuba, pois nesse município a grande maioria dos imóveis encontrados possui características típicas de propriedade rural. Desta forma, diferencia-se em relação aos demais municípios que compõem a bacia em estudo, cujas áreas encontram-se mais densamente urbanizadas.

Destes 159 imóveis que compõem a amostra levantada, ao redor de 68% estão localizados no município de Curitiba, cerca de 17% no município de Colombo e aproximadamente 15% no município de Pinhais. Por outro lado, da amostra disponível de 159 imóveis, 43 deles, ou seja mais de 27%, encontram-se localizados nas áreas sujeitas a ocorrência de inundação com risco associado a 10 e 25 anos de retorno.

A amostra levantada está composta somente por imóveis do tipo casa residencial. Os imóveis do tipo apartamento foram desconsiderados por não se encaixarem no perfil objeto da pesquisa, pois normalmente não sofrem diretamente os impactos causados pela ocorrência de inundação, e sendo assim, provavelmente o seu preço não refletirá tão claramente a influência desta variável, podendo comprometer a qualidade dos resultados da pesquisa.

Na Tabela 5.1 seguir apresenta-se um resumo da quantidade de imóveis levantados por município, e por bairro para o município de Curitiba, além da quantidade destes imóveis que estão localizados nas áreas de risco de inundação de 10

e 25 anos de retorno.

TABELA 5.1 – QUANTIDADE DE IMÓVEIS LEVANTADOS

| Municípios    | Bairros         | Quantidade de imóveis levantados |  |
|---------------|-----------------|----------------------------------|--|
|               |                 | Total por sub-regiões            | Localizados em área inundável (TR de 10 e 25 anos) |
| Curitiba      | Atuba           | 6                                | 1  |
|               | Bacacheri       | 9                                | 1  |
|               | Bairro Alto     | 16                               | 5  |
|               | Barreirinha     | 5                                | -  |
|               | Boa Vista       | 9                                | -  |
|               | Cajuru          | 29                               | 12   |
|               | Capão da Imbuia | 9                                | 2  |
|               | Jardim Social   | 4                                | -  |
|               | Santa Cândida   | 13                               | 4  |
|               | Tarumã          | 3                                | -  |
|               | Tingui          | 6                                | 2  |
|               | Total           | 109                              | 27   |
| Colombo       | Total           | 27                               | 8  |
| Pinhais       | Total           | 23                               | 8  |
| Amostra Total |                 | 159                              | 43   |

Foram coletados junto ao mercado imobiliário dados sobre a localização precisa dos imóveis, os preços de oferta de venda dos mesmos em valores à vista, e as suas características denominadas de estruturais, previamente definidas como sendo de

interesse para este estudo, e que são brevemente descritas a seguir:

- Área Construída: é uma variável quantitativa, que representa a área total edificada existente em cada um dos imóveis da amostra, sendo expressa em metro quadrado ( $m^2$ );
- Área do Terreno: é uma variável quantitativa, que considera o tamanho total do terreno pertencente a cada imóvel analisado, sendo seu valor expresso também em metro quadrado ( $m^2$ );
- Tipo de Construção: este atributo analisa o tipo de material empregado na edificação. Dentro da amostra de imóveis levantados para este estudo foram encontrados três tipos de construções diferentes, a saber, alvenaria, madeira e mista, que combina alvenaria com madeira. Para a avaliação deste atributo utilizou-se uma variável do tipo binária (0/1), sendo atribuído o valor 1 ao imóvel edificado totalmente em alvenaria, e o valor de 0 aos imóveis que possuem construção mista ou em madeira;
- Idade do Imóvel: é uma variável quantitativa, igual ao período de tempo decorrido desde o final da construção para cada um dos imóveis da amostra analisada, sendo o seu valor expresso em anos.

A listagem contendo todas estas informações, para cada um dos 159 imóveis levantados, está apresentada na tabela A1 do Anexo A desta dissertação. Já a localização dos 159 imóveis selecionados para compor a amostra pode ser observada no mapa 1, apresentado no Anexo B.

### 5.2.3 Avaliação dos Atributos Localizacionais, de Infra-estrutura e Ambiental

As informações utilizadas como base para a avaliação destes atributos foram obtidas através da consulta a diversas fontes, sendo as principais:

- Prefeituras Municipais de Curitiba, Colombo e Pinhais;
- Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC;
- Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR;
- Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA;
- Listas e/ou Guias de Endereços, Comércio, Serviços, etc, dos municípios de Curitiba, Pinhais e Colombo, elaborados e distribuídos por diversas entidades com fins comerciais;
- Visitas a campo.

A base de dados utilizada e os critérios adotados para a caracterização de cada atributo na área em estudo são descritos a seguir. As informações resultantes da avaliação destes atributos, para cada um dos 159 imóveis levantados, são apresentadas na tabela A1 do Anexo A desta dissertação.

#### 5.2.3.1 Avaliação dos atributos localizacionais

Neste estudo de caso, foram considerados como variáveis do tipo locacional as seguintes características do imóvel: município, distância ao centro principal e

proximidade a áreas com ocupação irregular, sendo o tratamento dado a cada uma delas detalhado a seguir.

- Município:

No caso desta variável, a sua consideração na pesquisa partiu da hipótese de que o fato de um imóvel estar localizado no município de Curitiba, ao invés da sua Região Metropolitana, pode causar uma valorização no preço deste imóvel. Desta forma, neste estudo o atributo município foi avaliado através da utilização de uma variável do tipo binária (0/1), e a sua análise consistiu apenas em caracterizar, por um lado os imóveis localizados dentro dos limites territoriais do próprio município de Curitiba, e por outro lado aos imóveis localizados nos municípios vizinhos de Pinhais e Colombo, que fazem parte da sua Região Metropolitana, sendo atribuído o valor 1 aos imóveis localizados em Curitiba e o valor 0 àqueles situados nos demais municípios considerados.

- Distância ao centro urbano principal:

Nesta pesquisa, o centro principal considerado para a avaliação deste atributo é relativo à região central do município de Curitiba, sendo o local escolhido como ponto de referência a Praça Tiradentes. A premissa considerada para este atributo ser incluído na análise pressupõe que o valor de mercado de um imóvel vai sofrendo um certo decréscimo quanto mais afastado estiver da região central de Curitiba, ou seja, quanto mais se aproximar da periferia e dos municípios da Região Metropolitana.

A avaliação desta variável consistiu em medir a distância de cada um dos imóveis que compõem a amostra até a Praça Tiradentes, situada no centro de Curitiba.



Esta variável, portanto, para efeito deste estudo é uma variável quantitativa e tem seu valor expresso em quilômetros (km). O cálculo da distância foi feito de forma radial, ou seja, uma linha reta desses referenciais foi traçada até a Praça Tiradentes e, então, medida a distância. Foi utilizado como base o mapa 1 apresentado no Anexo B, na escala de 1:20.000. Este mapa ilustra a superfície total da bacia do rio Atuba e foi gerado durante a elaboração do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba ( SUDERHSA, 2002).

- Proximidade a áreas com ocupação irregular:

O fato da existência de diversas áreas de invasão nos municípios de Curitiba, Colombo e Pinhais, dentro da bacia do rio Atuba, motivaram a utilização desta variável na pesquisa, pois intuitivamente considerou-se que a proximidade a estas áreas pode ocasionar uma desvalorização no preço dos imóveis.

Para a avaliação deste atributo foram medidas as distâncias radiais de cada um dos imóveis da amostra até a ocupação irregular mais próxima, sendo seu valor expresso em metros (m). Logo, com base nas informações obtidas, a avaliação deste atributo foi realizada testando dois critérios de análise diferentes. Primeiramente, foi testada a avaliação da variável na sua condição quantitativa, sendo utilizados os próprios valores das distâncias medidas. Depois, este atributo foi avaliado utilizando-se uma variável do tipo binária (0/1), sendo associada a esta variável o valor de zero quando o imóvel estiver localizado até uma dada distância da ocupação irregular mais próxima. Para este efeito, foram testadas as distâncias de 500m, 1.000m e 1.500m.

Da mesma forma que no atributo anterior, para medir estas distâncias foi

utilizado como base o mapa 1 apresentado no Anexo B, onde estão apresentadas as áreas de invasão existentes na bacia em estudo, elaborado em SUDERHSA (2002).

#### 5.2.3.2 Avaliação dos atributos de infra-estrutura

Neste grupo foram analisados os atributos relativos aos melhoramentos públicos existentes na região onde cada um dos imóveis levantados encontra-se localizado. No caso desta pesquisa os atributos considerados foram: tipo de pavimentação, disponibilidade de sistema de coleta de esgoto e proximidade a equipamentos urbanos.

Outros atributos deste tipo que poderiam também ser considerados são a disponibilidade de transporte coletivo, abastecimento de água, energia elétrica e coleta de lixo. Porém, essas variáveis não foram consideradas neste estudo, pois o índice de atendimento destes serviços públicos nos municípios estudados é bastante elevado, muito próximo aos 100%, o que faz com que a disponibilidade dos mesmos não cause impacto significativo na formação do preço dos imóveis.

A base de dados utilizada e os critérios adotados para a análise destes atributos são descritos a seguir.

- Tipo de pavimentação:

A utilização deste atributo na pesquisa parte do princípio de que o preço de um imóvel pode variar em função do tipo de pavimentação existente na rua que passa na frente deste imóvel, sofrendo acréscimos no seu valor de mercado quanto melhor for a

qualidade do pavimento disponibilizado. Dentro da amostra de imóveis levantados para este estudo foram encontrados três tipos de pavimentos diferentes, a saber, asfalto, anti-pó e saibro. Devido este fato, optou-se por avaliar o atributo pavimentação utilizando duas variáveis do tipo binária (0/1), ao invés de uma só, de tal forma a conseguir caracterizar as três alternativas existentes. Foram analisadas as variáveis asfalto e anti-pó, sendo atribuídas a cada uma delas o valor 1 quando a pavimentação disponível for do tipo asfalto ou anti-pó respectivamente. Desta forma, quando estas duas variáveis permanecerem com o valor 0, é caracterizada a terceira alternativa, referente ao pavimento do tipo saibro.

A verificação do nível de atendimento da pavimentação no município de Curitiba foi realizada com base no mapa denominado “Pavimentação – Outubro/2002”, disponibilizado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC. No município de Colombo, a verificação da pavimentação foi feita principalmente com base no volume denominado “Guia 2002 Colombo – Comércio, Indústria, Turismo e Serviços”, realizado pela empresa AGM Comunicação, com o apoio da Prefeitura Municipal de Colombo. Em Pinhais, o atributo pavimentação foi verificado através de consulta às imobiliárias e principalmente pela realização de visitas a campo.

- Disponibilidade de sistema de coleta de esgoto:

Nesta pesquisa, optou-se por considerar um atributo representando o grau de atendimento do serviço público relativo à disponibilidade de rede de esgotamento sanitário, pois apesar de boa parte da região em estudo possuir este serviço público,

existe ainda uma razoável parcela da população que não é atendida pelo mesmo. De acordo com informações fornecidas por técnicos da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, baseado no relatório de análise interno da instituição relativo ao mês de outubro de 2004, ao redor de 68% do município de Curitiba, aproximadamente 33% do município de Pinhais, e somente cerca de 16% do município de Colombo são atendidos pelo sistema de coleta de esgoto.

Para a utilização deste atributo neste estudo considerou-se a premissa de que a disponibilidade ou não do serviço de coleta de esgoto pode causar um impacto significativo na formação do preço dos imóveis analisados. A avaliação deste atributo se deu através da utilização de uma variável do tipo binária (0/1), sendo caracterizado pela atribuição do valor 1 aos imóveis que possuem acesso à rede de coleta de esgoto, e o valor 0 àqueles que ainda não são atendidos por este serviço.

A verificação do grau de atendimento deste atributo no município de Curitiba foi realizada através da consulta ao mapa denominado “Rede de Saneamento” elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC, com base na fonte SANEPAR/1999. Já nos municípios de Pinhais e Colombo, esta informação foi obtida através de consulta aos mapas “Cadastro Esgoto/CE\_Pinhais” e “Cadastro Esgoto/CE\_Colombo”, disponibilizados por técnicos do setor de Cadastro Técnico da SANEPAR, em outubro de 2004.

- Proximidade a equipamentos urbanos:

Neste estudo, o atributo relativo a equipamentos urbanos foi avaliado quanto à existência de escolas, creches e unidades de saúde da rede pública. A opção de

considerar este atributo na análise partiu da hipótese de que a proximidade a este tipo de serviço público pode ocasionar uma valorização no preço de um bem imobiliário. No caso deste atributo, a avaliação foi realizada testando diversos critérios alternativos, conforme descrito a seguir.

Inicialmente, foi adotada a premissa que considera cada um destes equipamentos de forma individual, sendo para isto utilizadas três variáveis distintas, a primeira para avaliar a proximidade somente a escolas, a segunda a creches e a terceira a unidades de saúde. Foram, então, medidas radialmente as distâncias individuais de cada um destes equipamentos até cada um dos imóveis da amostra, sendo seu valor expresso em metros (m). Para a avaliação destes atributos individuais foram ainda realizados testes utilizando estas informações em dois formatos diferentes. Primeiramente, utilizaram-se as distâncias obtidas de forma direta, como variáveis quantitativas. Depois, estes atributos foram também avaliados através da utilização de variáveis binárias (0/1), sendo associada a estas variáveis o valor de 1 quando o imóvel estiver localizado até uma dada distância de cada equipamento analisado. Para este efeito, foram testadas as distâncias de 500m, 1.000m e 1.500m.

Finalmente, optou-se neste estudo por testar um critério em que todos estes atributos pudessem ser avaliados em conjunto, através da utilização de uma única variável. Foi considerada para efeito desta análise uma variável que poderia assumir os valores de 0, 1, 2 e 3, elevada a uma certa potência, sendo testadas potências inferiores a 1. Para a avaliação desta variável adotou-se a hipótese de que cada um dos imóveis da amostra possui uma área com um certo raio de influência. Desta forma, se dentro da

área de influência de um imóvel encontram-se situados os três equipamentos urbanos considerados no estudo (escolas, creches e unidades de saúde), foi associado a este imóvel o valor 3. Quando somente dois destes equipamentos estiverem dentro desta área de influência, o valor associado foi 2. Quando apenas um destes equipamentos for encontrado dentro desta área de influência, o valor atribuído foi 1, e quando nenhum destes equipamentos encontra-se situado dentro desta área de influência, o valor assumido foi de 0. Foram testadas áreas de influência com raios de 500m, 1000m e 1500m.

Para a verificação do grau de atendimento quanto aos equipamentos urbanos, no município de Curitiba foi utilizado como base o mapa denominado “Equipamentos Urbanos”, elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC, em fevereiro de 2002. No município de Colombo, esta verificação foi realizada com base no volume denominado “Guia 2002 Colombo – Comércio, Indústria, Turismo e Serviços”, realizado pela empresa AGM Comunicação, com o apoio da Prefeitura Municipal de Colombo. Já no município de Pinhais esta verificação foi realizada através da consulta ao mapa denominado “Equipamentos Urbanos”, desenvolvido pela Coordenadoria Especial de Planejamento da Prefeitura Municipal de Pinhais, no ano de 2002.

#### 5.2.3.3 Avaliação do atributo ambiental

A qualidade do meio ambiente é uma característica cada vez mais valorada nas

grandes cidades, passando a exercer maior influência na formação dos preços dos imóveis urbanos. No caso deste estudo, foi considerada uma única variável ambiental, sendo a mesma relativa a avaliação da proximidade a áreas verdes e de recreação. A seguir descreve-se o banco de dados utilizado e os critérios adotados para caracterizar este atributo ambiental.

Existem outras variáveis ambientais que poderiam ter sido consideradas, tais como: arborização das vias urbanas, níveis de poluição sonora e atmosférica, etc. Porém, optou-se por não utilizar outras variáveis ambientais neste estudo, devido à dificuldade encontrada para a obtenção de informação referente a este tipo de atributo, além de quantificar adequadamente a utilidade, ou seja, a percepção de valor desses atributos.

- Proximidade a áreas verdes e de recreação:

Nesta pesquisa, este atributo foi avaliado quanto à existência de parques e praças, sendo considerada a premissa de que a proximidade a áreas deste tipo pode ocasionar uma valorização no preço dos imóveis.

O primeiro passo para a avaliação deste atributo consistiu em medir as distâncias radiais de cada um dos imóveis da amostra até o parque ou praça mais próximo, sendo seu valor expresso em metros (m). Uma vez obtidas estas distâncias, a avaliação deste atributo foi testada utilizando esta informação em dois formatos diferentes. Primeiramente, a avaliação foi realizada utilizando diretamente os valores das distâncias medidas, ou seja, na sua condição quantitativa. Depois, este atributo foi também avaliado utilizando-se uma variável do tipo binária (0/1), sendo associada a

esta variável o valor de 1 quando o imóvel estiver localizado até uma dada distância do parque ou praça mais próximo. Foram testadas as distâncias de 500m, 1.000m e 1.500m.

Para a localização de parques e praças existentes no município de Curitiba foi utilizado como base o mapa denominado “Parques e Praças”, elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba – IPPUC, em setembro de 2002. Já nos municípios de Pinhais e Colombo, a verificação deste atributo foi realizada consultando a mesma base de dados que foi utilizada no caso do atributo relativo aos equipamentos urbanos.

#### 5.2.4 Avaliação do Atributo de Inundação

O foco principal desta pesquisa constitui-se em avaliar a influência exercida por este atributo na formação do valor de mercado de um bem imobiliário. De acordo com a premissa adotada, o fato de um imóvel estar localizado em uma região de alto risco de ocorrência de inundação pode causar um impacto negativo significativo no preço deste imóvel.

Neste estudo de caso optou-se por realizar a caracterização dos imóveis selecionados quanto ao atributo relativo ao risco de ocorrência de inundação, adotando o seguinte critério: este atributo está diretamente ligado ao período de retorno de cheias que atingem o imóvel analisado, considerando-se como variável o próprio valor deste período de retorno.



Vale a pena lembrar que o período de retorno, ou tempo de recorrência (TR), corresponde ao valor esperado do intervalo entre duas cheias consecutivas iguais ou maior que uma determinada magnitude (nível de inundação ou vazão). Prova-se que no caso de eventos independentes o tempo de retorno em anos é igual ao inverso da probabilidade do evento ser igualado ou excedido em um ano qualquer (CHOW et al., 1988).

A identificação das áreas de risco de ocorrência de enchentes na área de estudo foi realizada com base nas informações obtidas do Plano Diretor de Drenagem para a Bacia do Rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba (SUDERHSA, 2002). Neste plano diretor foram estimadas as linhas de inundação para 10 e 25 anos de retorno nas 27 bacias que contribuem para o rio Iguaçu na RMC, entre as quais encontra-se a bacia do rio Atuba.

De acordo com SUDERHSA (2002), as áreas de risco de inundação foram geradas a partir de modelagem matemática, utilizando-se como base cartográfica o Sistema de Informações Geográficas de Recursos Hídricos – SIGRH, desenvolvido também pela SUDERHSA. Para a modelagem da rede de macrodrenagem foi aplicado um modelo hidrológico, um modelo hidrodinâmico e um modelo de geração espacial das linhas de inundação.

Ainda segundo SUDERHSA (2002), para a modelagem do escoamento nos canais, utilizou-se como ferramenta de análise o módulo hidrodinâmico HD do software MIKE 11, distribuído pelo Danish Hydraulic Institute – DHI, voltado à simulação hidráulica de redes complexas de rios e canais. Já para a geração dos

hidrogramas de cheias, que são dados de entrada no modelo hidrodinâmico, foi usado o modelo IPHS1, desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Foi também empregado o aplicativo Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas - SPRING, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, na preparação dos dados para a modelagem bem como na geração das linhas de inundação.

Ao longo da elaboração deste Plano Diretor, conforme especificado em SUDERHSA (2002), realizaram-se simulações para três cenários distintos. O primeiro, denominado de Cenário Atual, retrata as condições de impermeabilização e do sistema de macrodrenagem na data de corte, maio de 1999. O segundo e o terceiro representam as condições futuras de ocupação do solo, em decorrência do processo de urbanização previsto para o ano 2.020, e foram denominados de cenário Tendencial e Dirigido. No Tendencial o sistema de macrodrenagem atual foi modelado para as condições futuras de impermeabilização, sem considerar nenhuma medida de controle, a menos dos projetos já programados antes deste Plano. No Dirigido foi feita a modelagem para as mesmas condições do Cenário Tendencial, acrescentando-se as obras destinadas à redução das enchentes propostas por este Plano Diretor.

Cabe mencionar que, segundo consta em SUDERHSA (2002), a simulação do Cenário Atual para a bacia do rio Atuba, foi realizada considerando o alargamento do rio Atuba no trecho situado entre a Av. Afonso Camargo e a sua foz, conforme o “Projeto Básico de Retificação do Canal do Rio Atuba” elaborado para a SUDERHSA pela ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A., em fevereiro de 1998.

Finalmente, para cada um destes três cenários foram definidas, neste Plano Diretor, áreas de risco de inundação com base em dois eventos chuvosos extremos, associados respectivamente aos períodos de retorno de 10 e 25 anos. As manchas de inundação da bacia do rio Atuba relativas ao Cenário Atual, simuladas para os tempos de recorrência de 10 e 25 anos, estão ilustradas no mapa 1, apresentado no Anexo B desta Dissertação.

Destaca-se que para a caracterização da área de estudo considerada nesta pesquisa quanto ao atributo de inundação, devido à falta de informações mais adequadas e suficientes, tiveram de ser realizadas duas simplificações. A primeira diz respeito à adoção, como base de dados para esta caracterização, das linhas de inundação relativas aos períodos de retorno de 10 e 25 anos, calculadas no Plano Diretor para o “Cenário Atual”, cuja data de corte foi maio de 1999.

Optou-se por utilizar estas informações, mesmo existindo uma defasagem entre a data base da definição destas linhas de inundação e o desenvolvimento desta pesquisa (1999 a 2004), por ser o estudo deste tipo mais atualizado encontrado para a bacia em estudo. Além disto, considerou-se que no período de tempo transcorrido não houve nesta bacia alterações tão expressivas que pudessem comprometer significativamente os resultados desta pesquisa, cuja finalidade é de caráter totalmente acadêmico.

A segunda simplificação refere-se à caracterização dos imóveis situados dentro da área de estudo, mas fora das superfícies de inundação relativas aos períodos de retorno de 10 e 25 anos, que são as únicas linhas de inundação que foram simuladas no

Plano Diretor. Como não temos disponíveis as simulações para outros tempos de recorrência (e.g. 50, 100 anos), e resulta necessário associar a estes imóveis algum período de retorno, dentro do critério definido para o atributo inundação, resolveu-se adotar um procedimento expedito e relativamente subjetivo para conseguir contornar esta situação.

O procedimento adotado consiste em associar a estes imóveis apenas dois períodos de retorno, 100 ou 500 anos, sendo utilizado para a escolha entre um ou outro o seguinte critério: proximidade entre a localização destes imóveis em relação às linhas de inundação disponíveis, que são de 10 e 25 anos de retorno, associado a uma análise subjetiva das características topográficas da região em questão.

Quando o imóvel encontra-se situado longe das superfícies de inundação de 10 ou 25 anos de retorno, optou-se por associar ao mesmo um período de retorno de 500 anos. Quando o imóvel está localizado próximo às áreas inundáveis de 10 ou 25 anos de retorno, foi associado a ele o tempo de recorrência de 100 anos. Para os imóveis situados a uma distância intermediária das linhas de inundação de 25 anos de retorno, realizou-se uma análise mais apurada, através de visitas a campo para verificar a topografia do lugar, e em função deste parâmetro foram associados a estes imóveis o período de retorno considerado mais adequado, entre 100 e 500 anos respectivamente.

Os tempos de retorno associados a cada um dos 159 imóveis levantados, são apresentados na tabela A1 do Anexo A desta dissertação.

### 5.2.5 Formulação do Modelo Matemático

A tentativa de relacionar os efeitos do risco de ocorrência de inundação, neste trabalho representado pelo período de retorno, sobre a variação nos valores dos preços de imóveis, parte da hipótese fundamental de que a localização de um imóvel em áreas inundáveis ocasiona uma desvalorização no valor de mercado desta propriedade, sendo a perda de valor maior quanto menor for o tempo de retorno associado ao local do imóvel.

De acordo com RAMOS (2000), é possível afirmar que a percepção da sociedade para os benéficos das intervenções com impactos localizados, tais como drenagem, controle de cheias e esgotamento sanitário, que são visualmente evidentes à população diretamente afetada, é bastante clara e até mesmo precisa.

Além disto, ainda segundo comentários de RAMOS (2000), uma das formas mais eficazes de se avaliar o benefício de intervenções do tipo localizadas é, sem dúvida, o da comparação de preços de propriedade sem e com a intervenção urbana. Os benefícios das chamadas intervenções com percepção localizada, tais como o controle de cheia, são capturadas eficientemente pela variação do preço de propriedades da região que sofre a intervenção, principalmente para cheias de pequeno período de retorno. Entende-se que os preços praticados de propriedades são uma avaliação contínua e real da disposição a pagar pela sociedade por melhorias na qualidade de vida, traduzidas por intervenções urbanas.

Desta forma, considerando que o caso que interessa a este estudo, que é o

controle de cheias, se enquadra dentro do grupo das intervenções de fácil percepção local pela sociedade, pode ser concluído que o método dos preços hedônicos, proposto nesta dissertação, para estimar a variação de preços de propriedade em função de melhorias públicas, se mostra bastante adequado na estimativa de benefícios econômicos ocasionados por este tipo de intervenção.

A teoria dos preços hedônicos subjacente ao modelo a ser desenvolvido, está fundamentada na hipótese de que o preço de um imóvel pode ser expresso em função das características e atributos que compõem o bem em questão. A técnica de avaliação proposta tem como premissa básica estabelecer uma relação funcional entre o preço ( $P_i$ ) de um bem imobiliário ( $i$ ) e seu conjunto de características ( $a_{ji}$ ), conforme mostra a expressão a seguir:

$$P_i = f(a_{1i}, a_{2i}, a_{3i}, \dots, a_{ki}, \varepsilon_i) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.1)$$

Onde  $P_i$  é o valor de mercado do imóvel  $i$ , as variáveis  $a_{1i}, a_{2i}, \dots, a_{ki}$  representam os atributos e características inerentes ao imóvel  $i$ , que sejam de fácil percepção pela sociedade e influenciem (positiva ou negativamente) o seu preço, e  $\varepsilon_i$  é o erro do modelo.

A expressão (5.1), é suficientemente genérica para em princípio englobar os possíveis casos. Os principais problemas para a aplicação do método passam a ser o de se escolher adequadamente o conjunto de características e atributos a serem considerados na análise, a realização de um cuidadoso e detalhado levantamento das informações requeridas, e a escolha da função  $f$  que melhor se ajusta aos dados

utilizados.

Uma vez definido o conjunto de atributos a ser analisado, a aplicação da técnica exigiu um árduo trabalho de campo para a coleta de dados. Para conseguir obter uma boa base de dados, foi necessário realizar uma intensa pesquisa no mercado imobiliário e junto aos principais órgãos públicos que atuam na região em estudo.

A partir da amostra de dados, procedeu-se à escolha do modelo que estabelece a relação de múltiplas variáveis com o preço de propriedade e as características avaliadas neste estudo. Nesta pesquisa, o modelo de previsão de preço foi obtido através da aplicação da técnica de regressão linear múltipla. Para o caso deste estudo, a equação que ilustra este modelo pode ser genericamente formulada da seguinte maneira:

$$P_i = \beta_0 + \sum_{j=1}^h \beta_j ES_{ji} + \sum_{j=h+1}^k \beta_j LO_{ji} + \sum_{j=k+1}^{m-2} \beta_j IE_{ji} + \beta_{m-1} AM_i + \beta_m IN_i + \varepsilon_i \quad (5.2)$$

Onde:

$P_i$  = preço do imóvel  $i$ , sendo  $i = 1, 2, \dots, n$ , número de imóveis da amostra;

$ES_{ji}$  = variável estrutural  $j$ , relativa ao imóvel  $i$ ;

$LO_{ji}$  = variável localizacional  $j$ , relativa ao imóvel  $i$ ;

$IE_{ji}$  = variável de infra-estrutura  $j$ , relativa ao imóvel  $i$ ;

$AM_i$  = variável ambiental do imóvel  $i$ ;

$IN_i$  = variável de inundação do imóvel  $i$ ;

$\beta_j$  = coeficientes de regressão múltipla, sendo  $j = 0, 1, 2, \dots, m$ , número de características consideradas no modelo;

$\varepsilon_j$  = erro do modelo, uma variável aleatória que é suposta ser independente e identicamente distribuída segundo uma distribuição normal multivariada.

Os coeficientes do modelo de previsão de preços mostrado na equação (5.2) acima, serão estimados utilizando o método de mínimos quadrados ordinários (OLS), que busca minimizar a soma dos quadrados dos resíduos (i.e. o erro quando o modelo usa os estimadores dos coeficientes em lugar dos verdadeiros valores). A forma da obtenção dos estimadores OLS e suas propriedades estatísticas já foi discutido em detalhe na seção 4.3.

Cabe salientar que, a maior dificuldade encontrada para a definição do modelo refere-se ao estabelecimento da melhor relação funcional entre os preços de propriedade e cada um dos atributos que lhe deram origem. Conforme já mencionado, a escolha da forma funcional que melhor represente as relações preço-características dos imóveis, é uma questão ainda não resolvida pela teoria econômica, sendo vista pela maioria dos pesquisadores da área como uma questão subjetiva (MACEDO, 1996).

Entretanto o uso de regressões múltiplas é bastante difundido em estudos econométricos, geralmente usando transformações apropriadas dos atributos baseados sempre que possível em princípios econômicos tradicionalmente aceitos (e.g. benefícios marginais decrescentes).

No caso de usar regressões múltiplas que são lineares nos atributos ou em transformações destes a escolha da forma funcional entre preço e atributos se restringe à seleção dos atributos usados e as transformações atributo variável explicativa.



A escolha dos atributos para o presente estudo de caso a serem utilizados já foi discutida. Já as transformações atributo – variável explicativa foram estabelecidas com base no critério do melhor ajuste e consultas à literatura pertinente (e.g. SHULTZ E FRIDGEN, 2001; DONELLY, 1989), verificando-se sempre a significância da variável em questão. Foram realizadas diversas regressões testando cada uma das características analisadas nas formas funcionais mais freqüentemente utilizadas, a saber, a forma linear, logarítmica e inversa. Essas transformações podem ser resumidas na denominada transformação *BOX-COX* (JOHNSTON, 1984), já descrita no tópico 4.2. Além disto, no caso particular de algumas variáveis, foram realizados testes utilizando a mesma variável tanto na sua condição quantitativa, como também na forma binária (0/1). Estes casos particulares já foram descritos anteriormente, quando da discussão dos critérios de avaliação de cada um dos atributos analisados.

Optou-se, então, por fazer a escolha da forma funcional e do tipo das variáveis explicativas, para cada uma das características consideradas na análise, adotando como critério principal de decisão o valor resultante do coeficiente de determinação  $R^2$  ajustado, sendo selecionada a opção que originar o maior  $R^2$  ajustado. Outro fator levado em conta para fazer esta escolha foi o nível de significância (valor -  $p$ ) dos coeficientes da regressão, sendo escolhida a forma funcional e tipo de variável cujo coeficiente obteve maior significância.

A tabela 5.2 apresenta o resumo das variáveis testadas neste estudo e os tratamentos dado a cada uma.

TABELA 5.2 – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS USADAS

|                    | Variáveis   | Tipo                                  | Unidade        | Descrição   |
|--------------------|---|---------------------------------------|----------------|---|
| Estruturais        | Área Construída (AC)                                  | quantitativa                          | m <sup>2</sup> | Área total edificada  |
|                    | Área do Terreno (AT)                                  | quantitativa                          | m <sup>2</sup> | Tamanho total do terreno  |
|                    | Tipo de Construção (TC)                               | binária                               | 0/1            | 1, se for alvenaria, 0 se for mista ou madeira  |
|                    | Idade (ID)  | quantitativa                          | anos           | Tempo de construção   |
| Localizacionais    | Município (MU)  | binária                               | 0/1            | 1, se for Curitiba, 0 se for RMC  |
|                    | Distância ao Centro (DC)                              | quantitativa                          | km             | Distância radial até o centro de Curitiba   |
|                    | Ocupação Irregular (OI)                               | quantitativa                          | metro          | Distância radial até a área com ocupação irregular mais próxima   |
|                    |   | binária                               | 0/1            | 1, se a ocupação irregular mais próxima estiver localizada até uma dada distância radial. Foram testadas: 500, 1000 e 1500m   |
| De Infra-estrutura | Asfalto (AS)  | binária                               | 0/1            | 1, se o pavimento for asfalto   |
|                    | Anti-pó (AP)  | binária                               | 0/1            | 1, se o pavimento for anti-pó   |
|                    | Coleta de Esgoto (CE)                                 | binária                               | 0/1            | 1, se houver sistema de coleta de esgoto  |
|                    | Escola (ES)   | quantitativa                          | metro          | Distância radial até a escola mais próxima  |
|                    |   | binária                               | 0/1            | 1, se a escola mais próxima estiver localizada até uma dada distância radial. Foram testadas: 500, 1000 e 1500m   |
|                    | Creche (CR)   | quantitativa                          | metro          | Distância radial até a creche mais próxima  |
|                    |   | binária                               | 0/1            | 1, se a creche mais próxima estiver localizada até uma dada distância radial. Foram testadas: 500, 1000 e 1500m   |
|                    | Unidade de Saúde (US)                                 | quantitativa                          | metro          | Distância radial até a unidade de saúde mais próxima  |
|                    |   | binária                               | 0/1            | 1, se a unidade de saúde mais próxima estiver localizada até uma dada distância radial. Foram testadas: 500, 1000 e 1500m   |
|                    | Equipamentos Urbanos (escola, creche, un. saúde) (EU) | arbitrada - transforma da em potência | 0/1/2/3        | 3, se os três equipamentos urbanos avaliados estiverem localizados dentro de uma área com certo raio de influência, 2 se só tiver dois equipamentos, 1 se tiver apenas um, e 0 quando não tiver nenhum. Foram testadas áreas com raios de 500, 1000 e 1500m |

TABELA 5.2 – DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS USADAS (CONTINUAÇÃO)

|           | Variáveis                        | Tipo         | Unidade | Descrição  |
|-----------|----------------------------------|--------------|---------|--|
| Ambiental | Áreas Verdes e de Recreação (AV) | quantitativa | metro   | Distância radial até o parque ou praça mais próximo  |
|           |                                  | binária      | 0/1     | 1, se o parque ou praça mais próximo estiver localizado até uma dada distância radial. Foram testadas: 500, 1000 e 1500m |
| Inundação | Tempo de Reorrência (TR)         | quantitativa | anos    | Período de retorno correspondente ao risco de ocorrência de inundação no imóvel  |

### 5.3 RESULTADOS E ANÁLISES

Para processar as informações e verificar a influência das características dos imóveis avaliadas, especialmente a variável correspondente ao risco de ocorrência de inundação, sobre a formação dos valores de mercado dos bens imobiliários, foi utilizado o software EXCEL. Este software possui uma ferramenta que resolve problemas de regressão múltipla através do método dos mínimos quadrados ordinários (OLS), possibilitando a execução de um grande número de testes, o que forneceu as bases para a realização de uma ampla análise das variáveis explicativas.

Buscando obter o modelo que melhor se ajuste aos dados observados, todas as variáveis explicativas analisadas no estudo, que representam as características que se considerou poderiam ser importantes na formação do preço de imóveis, foram testadas utilizando diversas formas funcionais e tipos de variável. Porém, nem todas demonstraram exercer influência significativa a nível estatístico. Para testar a

significância de cada coeficiente particular utilizou-se o teste estatístico baseado na distribuição *t-Student*, já descrito no tópico 4.3.4.

Foram testadas cerca de 100 regressões usando diferentes combinações de variáveis e usando diversas transformações das mesmas. Para melhor ilustrar o processo de definição do modelo, apresentam-se no anexo C desta dissertação, os resultados obtidos em 20 exemplos dentre os inúmeros testes analisados. Sempre que o valor  $-p$  (menor nível de significância para rejeição de  $H_0 : \beta_i = 0$ ) fosse superior a 5% tentou-se aplicar alguma transformação a variável ou substituí-a por uma binária. Também a variação do coeficiente de determinação  $R^2$  ajustado ao substituir variáveis quantitativas por binárias ou aplicar uma transformação às variáveis foi observado, procurando-se mantê-lo sempre acima dos 90%.

Considerando os testes realizados pode-se afirmar que no caso concreto estudado nesta dissertação:

- O tipo de modelo que se ajustou melhor aos dados foi o modelo log-linear, isto é o preço e todos os atributos quantitativos log-transformados e as variáveis binárias na sua forma original.
- As variáveis que avaliam a proximidade a creches e unidades de saúde, quando consideradas tanto na sua condição quantitativa, como na forma binária, mostraram exercer pouca influência na formação dos preços dos imóveis, sendo as suas significâncias estatísticas resultantes sempre inferiores a 90%. Já no caso da variável que avalia a proximidade a escolas, a mesma mostrou ser significativa, obtendo-se os melhores resultados ao se adotar a forma

quantitativa da variável, ou seja, quando se utilizaram diretamente os valores das distâncias radiais de cada imóvel até a escola mais próxima

- A variável binária gerada para caracterizar a existência de pavimento do tipo anti-pó além da baixa significância estatística mostrou-se particularmente problemática. A sua inclusão, alterava a significância de outras variáveis explicativas importantes e colocava em xeque a hipótese da homoscedasticidade dos erros. Por essas razões foi eliminada, sendo o pavimento anti-pó, para fins desta regressão, igualado ao revestimento com saibro.
- No caso do atributo que avalia a proximidade a áreas com ocupação irregular, os melhores resultados estatísticos, tanto em termos de significância como do coeficiente de determinação, foram obtidos quando o mesmo é utilizado na sua forma quantitativa, ou seja, quando se utilizam diretamente os valores das distâncias radiais de cada imóvel até a ocupação irregular mais próxima.
- Com relação ao atributo ambiental, que avalia a proximidade a áreas verdes e de recreação, aconteceu o contrário do ocorrido no atributo relativo a ocupações irregulares. Quando as distâncias radiais foram consideradas de forma direta, o coeficiente resultante se mostrou pouco significativo. Os melhores resultados estatísticos foram obtidos quando foi realizada a avaliação deste atributo utilizando a variável binária (0/1), sendo associado o valor de 1 quando o imóvel estiver localizado até uma distância de 1.000 metros do parque ou praça mais próximo.

Considerando essas observações e usando os dados de amostra coletada o melhor modelo de regressão múltipla resultante para o estudo de caso específico desta pesquisa é um modelo log-linear com 7 variáveis contínuas log-transformadas e 5 variáveis binárias dado por:

$$\begin{aligned} \ln P = & 6,322 + 0,967 \ln AC + 0,087 \ln AT + 0,170 TC - 0,063 \ln ID \\ & + 0,107 MU - 0,411 \ln DC + 0,016 \ln OI + 0,094 AS + 0,076 CE \\ & - 0,055 \ln ES + 0,097 AV + 0,077 \ln TR + e \end{aligned} \quad (5.3)$$

ou

$$\begin{aligned} P = & 556,685 AC^{0,967} AT^{0,087} ID^{-0,063} DC^{-0,411} OI^{0,016} ES^{-0,055} TR^{0,077} \\ & \exp(0,170 TC + 0,107 MU + 0,094 AS + 0,076 CE + 0,097 AV + e) \end{aligned} \quad (5.4)$$

Onde:

$AC$  = área construída, em  $m^2$ ;

$AT$  = área do terreno, em  $m^2$ ;

$TC$  = tipo de construção, 1 se for alvenaria, 0 se for mista ou madeira;

$ID$  = tempo de construção, em anos;

$MU$  = município, 1 se for Curitiba, 0 se for RMC;

$DC$  = distância ao centro de Curitiba, em km;

$OI$  = distância à ocupação irregular mais próxima, em metros;

$AS$  = disponibilidade de pavimento asfalto, 1 se o pavimento for asfalto;

$CE$  = acesso ao sistema de coleta de esgoto, 1 se houver rede de esgoto;

$ES$  = distância à escola mais próxima, em metros;

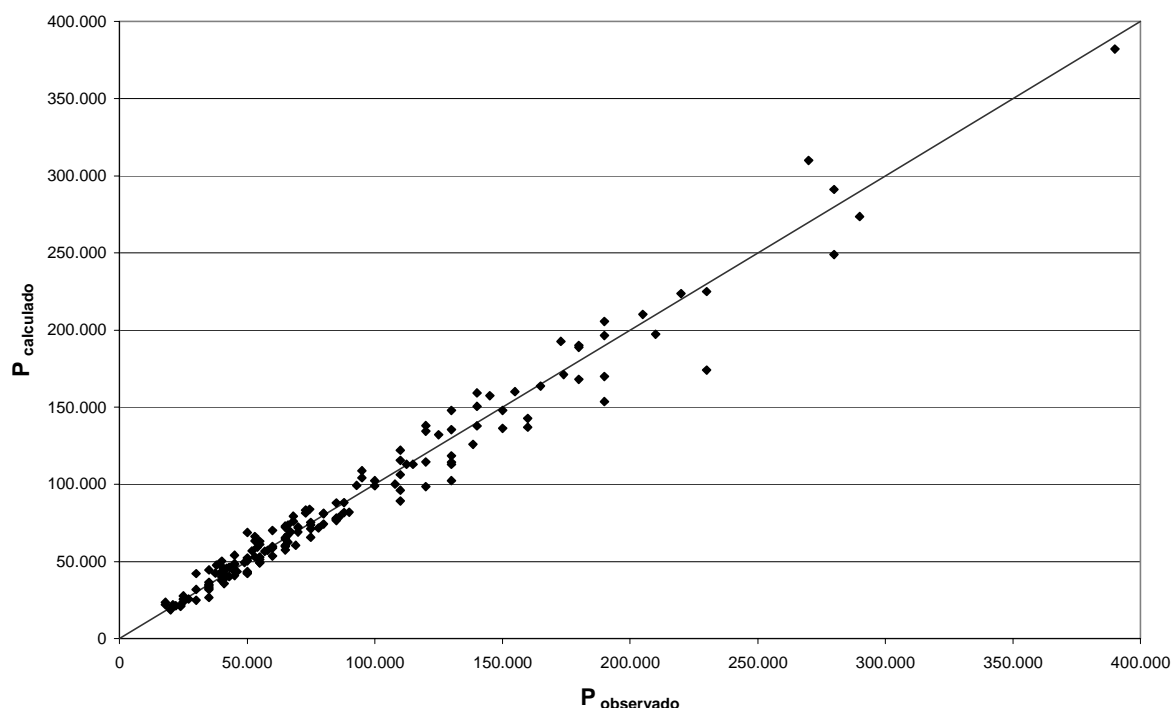
$AV$  = proximidade a áreas verdes e de recreação, 1 se o parque ou praça mais próximo estiver localizado até uma distância radial de 1.000m;

$TR$  = tempo de retorno associado ao risco de ocorrência de inundação, em anos;

$e$  = resíduo da regressão.

Como pode ser observado, a forma funcional dupla logarítmica foi a que melhor se ajustou aos dados observados. A equação (5.3), representativa do modelo, obteve um coeficiente de determinação  $R^2 = 0,97$  que indica um excelente ajuste entre a variável dependente e as variáveis explicativas do modelo. A figura 5.3 a seguir ilustra a relação entre os preços de propriedades observados e os valores calculados utilizando-se o modelo de regressão expresso pela equação (5.4).

FIGURA 5.3 – RELAÇÃO ENTRE PREÇOS OBSERVADOS E CALCULADOS



Na tabela 5.3 apresenta-se um resumo dos resultados obtidos, contendo as variáveis explicativas finais adotadas, os coeficientes estimados e o valor  $-p$  de cada

coeficiente respectivamente.

TABELA 5.3 – RESUMO DO MODELO RESULTANTE

| Descrição                   | Unidade        | Tipo    | Símbolo | Coeficiente | Valor – $p$            |
|-----------------------------|----------------|---------|---------|-------------|------------------------|
| Constante                   | -              | -       | -       | 6,322       | $1,45 \times 10^{-57}$ |
| Área Construída             | m <sup>2</sup> | ln      | AC      | 0,967       | $2,7 \times 10^{-76}$  |
| Área do Terreno             | m <sup>2</sup> | ln      | AT      | 0,087       | 0,0016                 |
| Tipo de Construção          | -              | binária | TC      | 0,170       | $1,03 \times 10^{-7}$  |
| Idade                       | ano            | ln      | ID      | -0,062      | $5,96 \times 10^{-6}$  |
| Município                   | -              | binária | UM      | 0,107       | 0,0031                 |
| Distância ao Centro         | km             | ln      | DC      | -0,411      | $9,87 \times 10^{-11}$ |
| Ocupação Irregular          | m              | ln      | OI      | 0,016       | 0,0477                 |
| Asfalto                     | -              | binária | AS      | 0,094       | $1,1 \times 10^{-5}$   |
| Coleta de Esgoto            | -              | binária | CE      | 0,076       | 0,0267                 |
| Escola                      | m              | ln      | ES      | -0,055      | 0,0034                 |
| Áreas Verdes e de Recreação | -              | binária | AV      | 0,097       | 0,0020                 |
| Tempo de Recorrência        | ano            | ln      | TR      | 0,077       | $1,03 \times 10^{-21}$ |

Analisando-se os sinais algébricos dos coeficientes, observa-se uma coerência com o esperado pelo senso comum:

- As variáveis área construída e área do terreno têm influência positiva, ou seja, quanto maior forem estas áreas maior o valor do imóvel;
- O sinal positivo da variável tipo de construção determina que o valor do imóvel sofre um acréscimo se o mesmo estiver construído em alvenaria;
- A variável idade do imóvel tem sinal negativo, indicando que quanto maior for o tempo de construção menor é o seu valor;
- O sinal positivo da variável município determina que o fato do imóvel estar



localizado em Curitiba influencia positivamente o seu valor;

- A variável distância ao centro tem sinal negativo e reflete a desvalorização que ocorre no imóvel quanto mais longe do centro ele estiver localizado;
- O sinal positivo da variável ocupação irregular indica que o valor do imóvel cresce quanto maior a distância à ocupação irregular mais próxima;
- O sinal positivo da variável asfalto determina que o fato do imóvel estar localizado em rua asfaltada afeta positivamente o seu valor;
- A variável coleta de esgoto tem sinal positivo, indicando a valorização do imóvel quando o mesmo tem acesso à rede de esgotamento sanitário ;
- O sinal negativo da variável escola reflete o decréscimo no valor do imóvel com o aumento da distância à escola mais próxima;
- A variável áreas verdes e de recreação tem sinal positivo, determinando um acréscimo no valor do imóvel se o parque ou praça mais próximo estiver localizado até uma distância radial de 1.000 metros;
- O sinal positivo da variável tempo de recorrência reflete a valorização do imóvel quanto maior for o tempo de retorno associado ao risco de ocorrência de inundação no imóvel.

Cabe ainda mencionar que, se a intenção é obter um modelo com menor número de variáveis explicativas, que evidentemente será menos preciso, pode-se suprimir as variáveis explicativas de maior valor –  $p$  mostrado na tabela 5.3. Contudo, recomenda-se que a redução da precisão deste modelo mais simples seja cuidadosamente avaliada através de uma análise de sensibilidade.

### 5.3.1 Testes de Adequação

Para testar a adequação do modelo face as hipóteses básicas da teoria da regressão foram efetuados testes estatísticos apropriados. Os testes aplicados visam verificar (i) a normalidade da distribuição dos resíduos, (ii) a homoscedasticidade dos erros e (iii) a ausência de um elevado grau de multicolinearidade.

#### (i) Normalidade dos resíduos

Para a verificação da normalidade dos resíduos utilizou-se o teste *Chi-quadrado*, já descrito na seção 4.3.4. Para a aplicação desta estatística, no estudo de caso analisado os resíduos padronizados foram divididos em 12 classes. Para cada classe foram determinados o número de resíduos observados e o número esperado de valores segundo a distribuição teórica. A partir daí foi calculada a estatística de teste conforme descrito na seção 4.3.4. Os resultados são mostrados na tabela 5.4.

TABELA 5.4 – DISTRIBUIÇÃO DOS RESÍDUOS NORMALIZADOS

| $z$               | $n_o$ | $n_t = np_{it}$ | $(n_t - n_o)^2 / n_t$ |
|-------------------|-------|-----------------|-----------------------|
| $< -1,5$          | 10    | 10,6            | 0,03                  |
| $-1,5 \dots -1,0$ | 15    | 14,6            | 0,01                  |
| $-1,0 \dots -0,7$ | 14    | 13,3            | 0,02                  |
| $-0,7 \dots -0,4$ | 12    | 16,3            | 1,13                  |
| $-0,4 \dots -0,2$ | 14    | 12,1            | 0,30                  |
| $-0,2 \dots 0,0$  | 11    | 12,6            | 0,20                  |
| $0,0 - 0,2$       | 16    | 12,6            | 0,92                  |
| $0,2 - 0,4$       | 7     | 12,1            | 2,15                  |
| $0,4 - 0,7$       | 20    | 16,3            | 0,84                  |
| $0,7 - 1,0$       | 14    | 13,3            | 0,04                  |
| $1,0 - 1,5$       | 18    | 14,6            | 0,79                  |
| $> 1,5$           | 8     | 10,6            | 0,64                  |
| $\Sigma$          | 159   | 159             | <b>7,09</b>           |

O número de graus de liberdade da estatística de teste ( $\chi^2$ ) é dado por  $\nu = n - p - 1$ , onde  $p$  é o número de parâmetros estimados a partir dos dados. No presente caso foi estimado 1 parâmetro (desvio padrão) resultando portanto 10 graus de liberdade. Para um nível de confiança de 95% e 10 graus de liberdade, obtém-se  $\chi_{0.95,10}^2 = 18,3$ . Como  $\chi_{calc}^2 = 7,09 < \chi_{0.95,10}^2 = 18,3$ , portanto não se pode rejeitar a hipóteses nula que os resíduos do modelo adotado são normalmente distribuídos.

(ii) Homoscedasticidade

Conforme recomendado por MATOS (1997), a verificação do problema de heteroscedasticidade pode ser feita através da utilização do teste de PESARAN E PESARAN, já descrito no tópico 4.3.4. Para a aplicação deste teste, regrediu-se o quadrado dos resíduos  $e_i^2$  sobre o quadrado dos valores estimados  $\hat{Y}_i^2$ , resultando:

$$e^2 = 0,0325 - 0,00016 \cdot \hat{Y}^2 + \nu \quad R^2 = 0,015$$

A significância do coeficiente estimado  $b$  foi testada mediante a aplicação do teste  $t$  de *Student*, obtendo-se  $T = 1,659$  e um valor -  $p = 0,11$ . Considerando um nível de significância  $(1 - \alpha)$  de 90% e 146 ( $n - k$ ) graus de liberdade, temos que:  $T = 1,569 < t_{.05} = 1,645$ . Desta forma, a hipótese nula não pode ser rejeitada ao nível de significância de 90% ou maior. Considerando que nas demais testes foi adotado um nível de significância de 95% os resultados implicam na aceitação da hipótese nula, isto é a homoscedasticidade dos resíduos.

## (iii) Multicolinearidade

Para a verificação do problema de multicolinearidade adotou-se o procedimento recomendado por JOHNSTON (1984), que consiste em calcular os coeficientes de determinação  $R_i^2$  da regressão múltipla de cada variável explicativa  $i$  em relação às outras  $k-1$  variáveis explicativas do modelo. Na tabela 5.5 apresentam-se os coeficientes resultantes para as variáveis explicativas finais adotadas.

TABELA 5.5 – COEFICIENTES DE DETERMINAÇÃO MÚLTIPLO ENTRE VARIÁVEIS EXPLICATIVAS

| Ln - AC | Ln - AT | TC    | Ln - ID | MU    | Ln-DC | Ln-OI | AS    | CE    | Ln - ES | AV    | Ln-TR |
|---------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|-------|
| 0,478   | 0,451   | 0,252 | 0,170   | 0,685 | 0,608 | 0,471 | 0,162 | 0,679 | 0,131   | 0,272 | 0,302 |

Estes resultados podem ser considerados como aceitáveis, pois DAVORE (1991) afirma que problemas severos de multicolinearidade surgem somente para valores de  $R^2$  superiores a 90%. A mesma recomendação consta de JOHNSTON (1984) que mostra que, um valor máximo de  $R_i^2 = 0,685$  pode ser considerado aceitável.

### 5.3.2 Aplicação do Modelo Proposto no Processo de Tomada de Decisões

O modelo desenvolvido neste trabalho pode ser utilizado como base para a avaliação econômica-financeira de projetos de drenagem urbana e controle de cheias. Supondo que o poder público queira desenvolver um projeto visando resolver ou pelo menos minimizar o problema de enchentes na bacia do rio Atuba, objeto deste estudo.

Neste caso, resultaria conveniente a realização de uma análise custo-benefício, de forma a fornecer subsídios que nortearão a tomada de decisão. A análise custo-benefício proporciona maior objetividade na tomada de decisão, fornecendo indicadores aos decisores para a escolha do cenário de medidas que proporcione a melhor solução possível para a bacia em estudo, com relação a uma gama de alternativas avaliadas, bem como indicar as bases para a hierarquização dos investimentos.

Assim, resulta necessária a estimativa de custos e benefícios para diferentes cenários de medidas passíveis de serem implementados. A avaliação dos custos consiste basicamente em orçar as diferentes obras e/ou desapropriações necessárias, atividade que não faz parte do escopo deste trabalho. Já a avaliação dos benefícios resultantes do controle de cheias constitui-se numa tarefa bastante complexa e composta por diversas parcelas, conforme já descrito na seção 2.3.

Porém, uma componente considerável deste benefício resulta da valorização de imóveis dentro da área de risco. É na estimativa desta valorização que o modelo desenvolvido nesta pesquisa se aplica. Neste modelo o tempo de retorno associado à ocorrência de inundação nos imóveis influe na formação do valor de mercado dos bens imobiliários. Utilizando-se a equação do modelo resultante e com base nos dados de todos os imóveis localizados na área beneficiada, ou seja, aquela onde o tempo de retorno irá aumentar devido à implantação do cenário de medidas de controle proposto, pode-se obter uma estimativa de parte dos benefícios econômicos a serem proporcionados pela implementação destas intervenções. Esta avaliação de benefícios

poderá servir como ferramenta de auxílio no processo de tomada de decisão de investimentos em controle hídrico, pois quando cotejados com os custos de realização das intervenções, fornecerão uma base para a realização da análise custo-benefício do empreendimento.

Cabe ressaltar que o modelo tal como desenvolvido neste trabalho é válido apenas para a previsão de valores de mercado de imóveis localizados na região em estudo (bacia do rio Atuba), e na data da pesquisa de mercado realizada, pois os valores numéricos dos coeficientes de regressão estimados poderão sofrer alterações significativas em função das peculiaridades relativas a cada região analisada e ao período em que a pesquisa for realizada. Também é possível que em outras áreas variáveis irrelevantes no estudo da bacia do rio Atuba sejam significativas para a regressão.

Para exemplificar a utilização da metodologia de avaliação de benefícios em controle de cheias proposta neste trabalho, apresenta-se a seguir um exemplo numérico de sua aplicação. Neste exemplo será utilizado como base um imóvel cujas características correspondam aos valores médios relativos aos imóveis observados. Para a determinação das variáveis deste elemento médio, calculou-se a média aritmética, considerando os 159 imóveis da amostra, para as variáveis: área construída, área do terreno, idade, distâncias ao centro de Curitiba, à ocupação irregular, à escola e à área verde ou de recreação mais próxima. Além disto, considerou-se que este imóvel encontra-se construído em alvenaria, está localizado no município de Curitiba, tem

anti-pó como tipo de pavimento e possui acesso à rede de coleta de esgoto. Na tabela 5.6 apresenta-se um resumo dos atributos e variáveis relativas a este imóvel médio.

TABELA 5.6 – CARACTERÍSTICAS DO IMÓVEL MÉDIO

| Descrição                   | Símbolo | Unid.          | Atributos | Variáveis |
|-----------------------------|---------|----------------|-----------|-----------|
| Área Construída             | AC      | m <sup>2</sup> | 158       | ln 158    |
| Área do Terreno             | AT      | m <sup>2</sup> | 390       | ln 390    |
| Tipo de Construção          | TC      | -              | alvenaria | 1         |
| Idade                       | ID      | anos           | 13        | ln 13     |
| Município                   | MU      | -              | Curitiba  | 1         |
| Distância ao Centro         | DC      | km             | 7,65      | ln 7,65   |
| Ocupação Irregular          | OI      | metros         | 580       | ln 580    |
| Asfalto                     | AS      | -              | não       | 0         |
| Coleta de Esgoto            | CE      | -              | Sim       | 1         |
| Escola                      | ES      | metros         | 450       | ln 450    |
| Áreas Verdes e de Recreação | AV      | metros         | 620       | 1         |

A estimativa do benefício advindo do controle de cheias utilizando a metodologia proposta, supõe que a implementação de medidas de controle de cheias ocasionem um aumento do tempo de retorno deste imóvel de 10 para 100 anos. Então, aplicando-se a equação do modelo resultante, dada pela expressão (5.4), obtém-se:

- Para TR = 10 anos:

$$P = 556,689 \cdot 158^{0,967} 390^{0,087} 13^{-0,063} 7,65^{-0,411} 580^{0,016} 450^{-0,055} 10^{0,077} \\ \exp[(0,170 \cdot 1) + (0,094 \cdot 0) + (0,076 \cdot 1) + (0,097 \cdot 1)] = R\$68.845,36$$

- Para TR = 100 anos:

$$P = 556,689 \cdot 158^{0,967} 390^{0,087} 13^{-0,063} 7,65^{-0,411} 580^{0,016} 450^{-0,055} 100^{0,077} \\ \exp[(0,170 \cdot 1) + (0,094 \cdot 0) + (0,076 \cdot 1) + (0,097 \cdot 1)] = R\$82.269,25$$

A diferença resulta igual a:

$$R\$82.269,25 - R\$68.845,36 = R\$13.423,89$$

que representa a valorização deste imóvel médio devido ao aumento do tempo de retorno de cheias de 10 para 100 anos.

Da mesma forma como no exemplo apresentado, pode-se utilizar a equação do modelo resultante para estimar o benefício de cada um dos imóveis localizados numa certa área beneficiada, dentro da bacia do rio Atuba, pela implementação de um determinado cenário de medidas de controle de cheias, que ocasiona o aumento do tempo de retorno nesta área. Na figura 5.4 a seguir apresenta-se um fluxograma onde podem ser visualizadas as etapas necessárias para a avaliação de benefícios em controle de cheias através da aplicação da metodologia proposta neste trabalho.

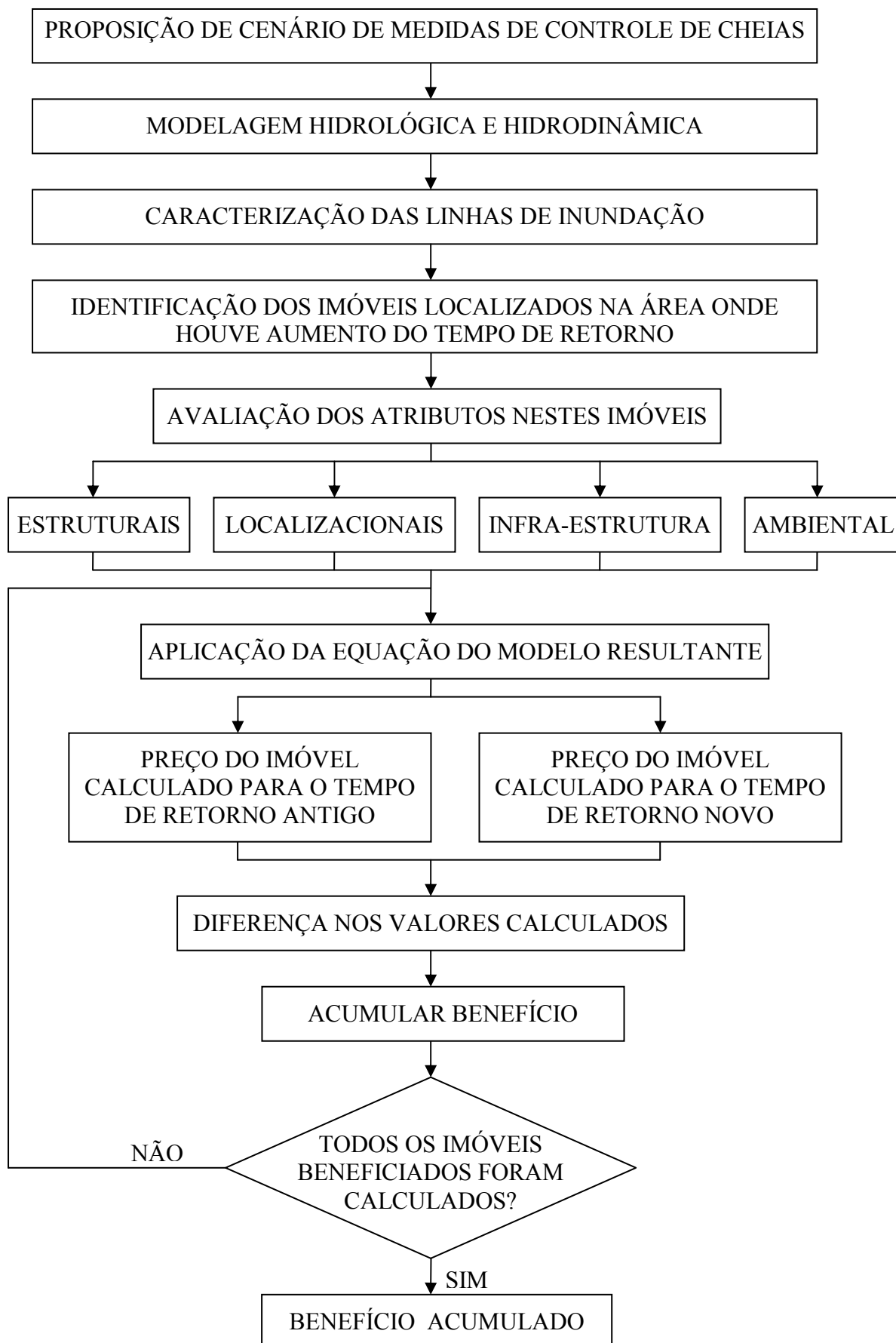
Pode-se ainda obter a valorização percentual dos imóveis residenciais simplesmente dividindo a equação de regressão para TR=100 pela mesma equação com TR = 10 obtendo no presente estudo de caso:

$$\frac{P_{100}}{P_{10}} = \left( \frac{100}{10} \right)^{0,077} = 10^{0,077} = 1,17 \quad (5.5)$$

Portanto a obra de controle de cheia proporciona uma valorização de 17% nos imóveis situados na planície de inundação correspondente a 10 anos de retorno, quando esse tempo de retorno é aumentado para 100 anos. Se se dispõe de uma estimativa do valor total dos imóveis na planície da inundação fica fácil estimar o benefício advindo da medida de controle.

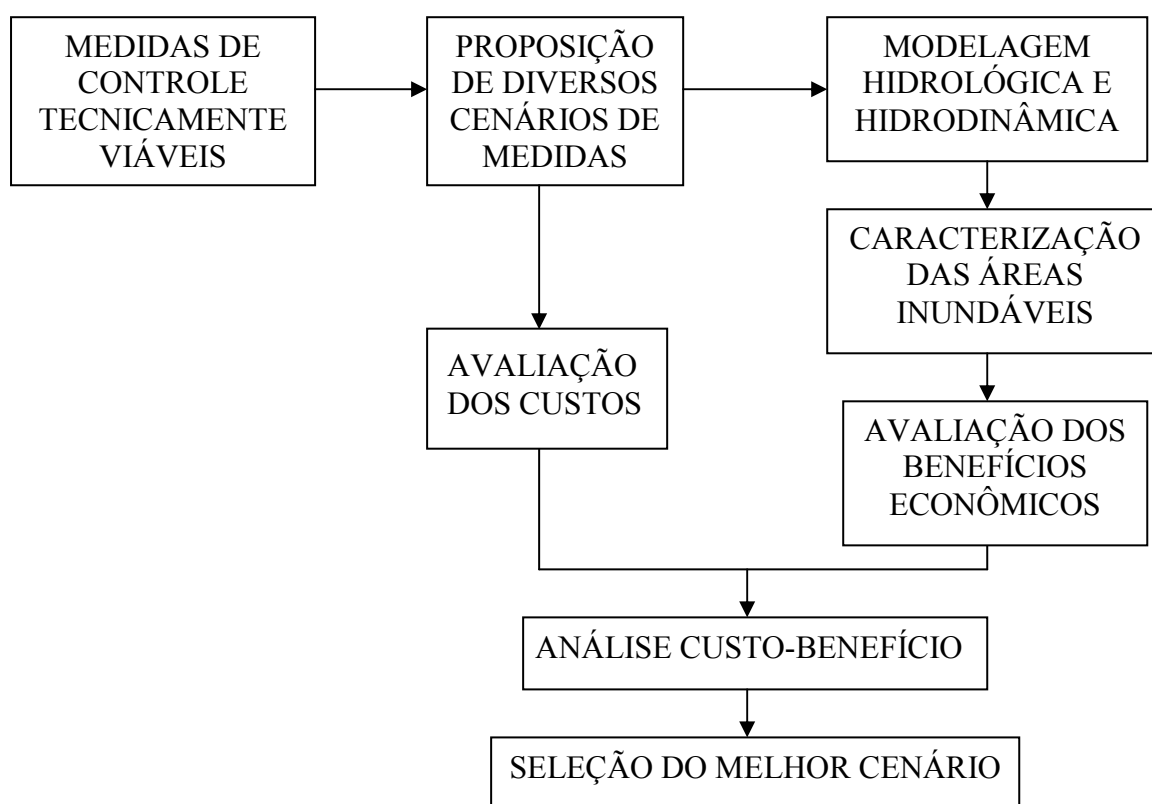


FIGURA 5.4 – AVALIAÇÃO DE BENEFÍCIOS DO CONTROLE DE CHEIAS



Com base nos benefícios estimados pela metodologia proposta neste trabalho e no levantamento dos custos de implementação de cada cenário de medidas de controle de cheias avaliado, pode-se estruturar um processo decisório em controle de cheias urbanas, baseado em critérios econômicos de custo-benefício, que forneça subsídios para auxiliar o decisor na escolha do cenário de medidas de controle de cheias mais adequado à bacia em estudo e na hierarquização dos investimentos necessários. As inter-relações das etapas que compõem o processo de tomada de decisão baseado em critérios econômicos são ilustradas no fluxograma da figura 5.5.

FIGURA 5.5 – PROCESSO DE TOMADA DE DECISÃO EM CONTROLE DE CHEIAS



Finalmente deve-se considerar que o modelo desenvolvido no presente estudo de caso, como já explicado, aplica-se essencialmente a propriedades do tipo casa residencial que constitui a maioria dos imóveis situados em áreas de risco. Para levar em conta também a valorização de terrenos baldios, em princípio há de se proceder a nova pesquisa de campo e um novo ajuste dos coeficientes do modelo. Também algumas variáveis explicativas perdem sentido quando aplicadas a terrenos baldios (e.g. área construída, tipo de construção, idade). Também imóveis do tipo apartamento podem responder diferentemente à variável tempo de retorno o que implica em um modelo de regressão distinto. Contudo pelas visitas a campo pode-se perceber a ausência quase total de prédios coletivos nas áreas de risco dentro da bacia do Atuba.

## 6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

### 6.1 CONCLUSÕES

Esta dissertação, ao abordar a problemática da análise custo-benefício de projetos visando o controle de cheias urbanas e propor um método de quantificar os benefícios econômicos deste tipo de projetos, permite apresentar algumas conclusões relevantes sobre esse tema.

- (i) O problema das cheias urbanas tem se agravado consideravelmente, e dada a escassez de recursos financeiros a disposição dos órgãos gestores, reclama uma abordagem objetiva, racional e sistêmica ao nível de bacia hidrográfica com enfoque na análise custo-benefício;
- (ii) Para permitir essa abordagem é necessário um método de avaliar os benefícios econômicos da redução do risco de cheias proporcionado por um conjunto de medidas de controle;
- (iii) O método dos preços hedônicos oferece-se como uma metodologia viável para avaliar os benefícios diretos de medidas de controle de cheias. Acredita-se que os prejuízos diretos produzidos pelas cheias podem ser considerados embutidos na parcela do valor dos imóveis explicada pela variável que mede o risco de ocorrência de inundação;
- (iv) Todavia, o método dos preços hedônicos não permite estimar explicitamente os benefícios indiretos. Entretanto, acredita-se ser possível levar em conta esses benefícios correlacionando-se prejuízos diretos e indiretos para cheias passadas

onde se dispõe de dados;

- (v) O modelo da regressão log-linear, de longa tradição em hidrologia, apresenta-se bastante apropriado para estabelecer a relação preço-atributos no estudo de caso analisado;
- (vi) Os ganhos no valor de mercado de imóveis, resultantes de um aumento razoável do tempo de retorno das cheias que atingem uma dada área, podem ser substanciais. No caso da bacia do rio Atuba representa cerca de 17% de valorização dos imóveis quando o tempo de retorno das cheias passa de 10 anos para 100 anos

Acredita-se que os resultados obtidos poderão contribuir significativamente considerando a escassez de dados e informações disponíveis, no Brasil, sobre questões relacionadas à problemática das enchentes urbanas, principalmente no aprimoramento de metodologias destinadas à avaliação econômica de políticas e ações de controle de cheias a serem implementadas. Assim os resultados desta dissertação podem fornecer subsídios para a elaboração de um planejamento eficiente que possibilite a solução ou pelo menos minimização dos danos e prejuízos ocasionados pelos eventos de inundação.

## 6.2 RECOMENDAÇÕES

Tendo em vista que, dado as limitações de tempo e recursos, esta dissertação apenas pode esboçar uma forma de se avaliar economicamente projetos de controle de

cheias urbanas, cumpre assinalar algumas recomendações para estudos futuros que podem complementar a linha de pesquisa abordada.

- (i) Desenvolver modelos baseados em preços hedônicos para outras bacias hidrográficas para verificar até que ponto as conclusões para o estudo de caso podem ser generalizadas;
- (ii) Desenvolver um modelo similar ao apresentado nesta dissertação para propriedades do tipo “terreno sem benfeitoria”;
- (iii) Propor cenários de medidas de controle de cheias, e mediante simulação hidrológica, determinar a redução do risco de cheias para os imóveis situados na planície de inundação;
- (iv) Estabelecer, mediante levantamento do valor global das propriedades na planície de inundação da bacia do rio Atuba, o benefício global que pode ser obtido para cada um dos cenários simulados em (iii);
- (v) Desenvolver correlações entre prejuízos diretos e indiretos causados por grandes cheias históricas, o que possibilitaria incluir no modelo também os benefícios indiretos advindos da implantação de medidas de controle de cheias;
- (vi) Estimar os custos das várias medidas de controle de cheias e compará-los aos benefícios obtidos.

## REFERÊNCIAS

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Sustainable development and urban stormwater management in the context of tropical developing countries. In: XXV CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, México, 1996. **Anais**, vol. IV, p. 523-529.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O. Aspectos Institucionais e de Financiamento dos Sistemas de Drenagem Urbana. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 29-49, jan/mar, 2002.

BARTH, R. T. **Planos diretores em drenagem urbana**: proposição de medidas para sua implementação. São Paulo, 1997. 250 p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BORBA, R. A. V. **Um modelo para avaliação dos efeitos do impacto ambiental no valor imobiliário e sua aplicação com o estudo de caso da Usina de Compostagem de Lixo da Vila Leopoldina**. São Paulo, 1992. 72 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

BRAGA, B. P. F. **Controle de cheias urbanas em ambiente tropical**. In: BRAGA, B. P. F.; TUCCI, C. E. M.; TOZZI, M. (org). Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1998. p. 51-65.

BRAGA, R; CARVALHO, P. F. **Recursos hídricos e planejamento urbano e regional**. Rio Claro: Laboratório de Planejamento Municipal-IGCE-UNESP. 2003. p. 113-127. Disponível em:  
<<http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/publicacoes/publicacoesRBraga.html>>.  
Acesso em: 7 jul. 2004.

BRASIL. Ministério das Cidades. **A questão da drenagem urbana no Brasil**. Elementos para formulação de uma política nacional de drenagem urbana. Brasília, versão 01, jun/2003. 30 p. Disponível em:  
<[http://www.snis.gov.br/arquivos/publicacao/outros/TextoDrenagemFinal\\_1.pdf](http://www.snis.gov.br/arquivos/publicacao/outros/TextoDrenagemFinal_1.pdf)>.  
Acesso em: 20 jul. 2004.

CHOW, V. T.; MAIDMENT, D. R.; MAYS, L. W. **Applied hydrology**. McGraw Hill, 1988, 572 p.

DAVORE, J. L. **Probability and statistics for engineering and the sciences**. Brooks/Cole, Pacific Grove, 1991. 716 p.

DONNELLY, W. A. Hedonic price analysis of the effect of a floodplain on property values. **Water Resources Bulletin**, v. 25, n. 3, p. 581-586, jun/1989.

FENDRICH, R. **Diagnóstico dos recursos hídricos da bacia hidrográfica urbana do rio Belém**. Curitiba: Ed. ALEP, 2002.

FERREIRA NETO, E. **Estimação do preço hedônico: uma aplicação para o mercado imobiliário da cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2002, 41 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Fundação Getúlio Vargas.

FRANK, B. **Uma abordagem para o gerenciamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Itajaí, com ênfase no problema das enchentes**. Florianópolis, 1995. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina.

FREEMAN III, A. M. **The measurement of environmental and resource values: theory and methods**. Washington, DC: Resources for the Future, 1993. 516 p.

GRIFFITH, R. S. **The impact of mandatory purchase requirements for flood insurance on real estate markets**. Doctoral Dissertation (Abstract) - University of Texas at Arlington, 1994.

HANLEY, N.; SPASH, C. L. **Cost-benefit analysis and the environment**. Hants, Inglaterra: Edward Elgar, 1993. 278 p.

HERRUZO, A. C. **Fundamentos y métodos para la valoración de bienes ambientales**. In: JORNADA TEMÁTICA “ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES DE LA AGRICULTURA”, Madrid 2002. 13 p. Disponível em: <[http://www.libroblancoagricultura.com/libroblanco/jtematica/aspectos\\_medioamb/comunicaciones/c\\_herruzo.pdf](http://www.libroblancoagricultura.com/libroblanco/jtematica/aspectos_medioamb/comunicaciones/c_herruzo.pdf)>. Acesso em: 05 jul. 2004.

JICA. Japan International Cooperation Agency. The master plan study on the utilization of water resources in Paraná state in the Federative Republic of Brazil. **Volume H – Flood control**. 1995. 99 p.

JOHNSTON, J. **Econometric methods**. McGraw Hill, 1984.

LIMA, J. C de. **Avaliação dos riscos e danos de inundação e do impacto da adoção de medidas não-estruturais em Itajubá/MG**. Belo Horizonte, 2003. 160 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia de Universidade Federal de Minas Gerais.



LOUCKS, D. P.; STEDINGER, J. R.; HAITH, D. A. **Water resources systems planning and analysis**. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall, 1981. 559p.

MACEDO, P. B. R. **Hedonic price model with spacial effects: an application to the housing market of Belo Horizonte, Brazil**. In: XIV LATIN AMERICAN MEETING OF THE ECONOMETRIC SOCIETY, Rio de Janeiro, 1996.

MARIN, M. C. F. C. **Análise de benefício econômico em despoluição hídrica como instrumento de suporte à tomada de decisões em gestão de recursos hídricos**. Curitiba, 2001. 240 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica) – Universidade Federal do Paraná.

MARQUES, J.F.; COMUNE, A. E. **A teoria neoclássica e a valoração ambiental**. In: Economia do meio ambiente: teoria, políticas e a gestão de espaços regionais. Campinas, SP, UNICAMP, 1997.

MATOS, O. C. **Econometria básica**. Teoria e aplicações. São Paulo: Ed. Atlas, 1997. 246 p.

MERICO, L.F.K. **Introdução à economia ecológica**. Blumenau: Editora da FURB, 1996. 160 p.

MONTEIRO, C. A. F. **A questão ambiental no Brasil: 1960-1980**. São Paulo: EGBOG/USP, 1981.

MOTTA, R. S. da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998. 216 p.

MÜLLER, M.; MÜLLER I.I.; FILL, H. D. Análise da enchente de janeiro de 1995 na região metropolitana de Curitiba. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, Recife, 1995. **Anais**, v. 3, p. 147-152.

NOGUEIRA, J. M.; MEDEIROS, M. A.; ARRUDA, F. S. Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo? **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v.17, n.2, p. 81-115, maio/ago 2000.

OSTROWSKY, M. S. B. **Sistemática integrada para controle de inundações em sub-bacias hidrográficas urbanas**. Estudo de caso: a bacia do córrego Pirajuçara, sob o enfoque da integração de obras com ações de educação e percepção ambiental. São Paulo, 2000. 228 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo.

PARKINSON, J., et al. **Drenagem urbana sustentável no Brasil**. Relatório do Workshop em Goiânia-GO, maio/2003, 24 p. Disponível em: <<http://www.abctransmisul.com.br/relatori.pdf>>. Acesso em: 24 jun. 2004.

PEARCE, D. **Economic values and the natural world**. Londres: Earthscan Publications, 1993. 129 p.

POMPÊO, C. A. Drenagem Urbana Sustentável. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15-23, jan/mar, 2000

RAMOS, F.; MARIN, M.C.F.C. **Metodologia para avaliação de benefícios de drenagem e controle de cheias**. Curitiba, 2000. 14 p. Relatório Técnico.

RAMOS, M. H. D. **Drenagem Urbana: aspectos urbanísticos, legais e metodológicos em Belo Horizonte**. Belo Horizonte, 1998. 91 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

RIERA, P. **Posibilidades y limitaciones del instrumental utilizado en la valoración de externalidades**. Revista ICE, Barcelona, 1992. 22 p. Disponível em: <<http://selene.uab.es/prieram/iceart.doc>>. Acesso em: 13 jul. 2004.

SALGADO, J. C. M. **Avaliação econômica de projetos de drenagem e de controle de inundações em bacias urbanas**. Rio de Janeiro, 1995. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SHILLING, J. D.; SIRMANS, C. F.; BENJAMIN, J. D. Flood insurance, wealth redistribution, and urban property values”, **Journal of Urban Economics**, v. 26, p. 43-53, 1989.

SHULTZ, S. D.; FRIDGEN, P. M. Floodplains and housing values: implications for flood mitigation projects. **Journal of the American Water Resources Association**, v. 37, n. 3, p. 595-603, jun/2001

SUDERHSA. **Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2002. Relatório Final, vols. 3, 4, 6 e 7.

TAVARES, V. E.; RIBEIRO, M. M.; LANNA, A. E. **A valoração ambiental e os instrumentos econômicos de gestão dos recursos hídricos**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, Gramado, RS, 1998. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/iph/sub/publica.html>>. Acesso em: 15 jun. 2004.

TAVARES, V. E.; LANNA, A. E. **A abordagem custo-benefício e a gestão de recursos hídricos**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS, Gramado, RS, 1998. Disponível em: <[http://www.ufrgs.br/iph/ /sub/publica.html](http://www.ufrgs.br/iph/sub/publica.html)> Acesso em 15 jun. 2004.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de; (org). Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1995. p. 15-36.

TUCCI, C. E. M.; GENZ, F. **Controle do impacto da urbanização**. In: TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. de; (org). Drenagem Urbana. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1995. p. 277-347.

TUCCI, C. E. M.; MACHADO, E. S. **Concepção do controle de enchentes na região metropolitana de Curitiba**. In: BRAGA, B. P. F.; TUCCI, C. E. M.; TOZZI, M. (org). Drenagem urbana: gerenciamento, simulação, controle. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 1998. p. 27-37.

TUCCI, C. E. M. Gerenciamento da Drenagem Urbana. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 1, p. 5-27, jan/mar, 2002.

UBERTI, M. S. **Valoração ambiental no uso do solo urbano: aplicação do método dos valores hedônicos** - estudo de caso no centro de Florianópolis. Florianópolis, 2000. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina.

**ANEXO A – INFORMAÇÕES COLETADAS RELATIVAS  
AOS IMÓVEIS AMOSTRADOS**

Tabela A1 - Informações coletadas relativas aos imóveis amostrados

| N  | Endereço                           | Localização | Preço (R\$) | Área Constr. (m²) | Área Terr. (m²) | Tipo de Constr. | Idade (anos) | Tipo de Pavim. | Coleta de Esgoto | Distância radial ao  |                  |            |            |                 |                  | TR (anos) |
|----|------------------------------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------|------------|-----------------|------------------|-----------|
|    |                                    |             |             |                   |                 |                 |              |                |                  | Centro Curitiba (km) | Ocup. Irreg. (m) | Escola (m) | Creche (m) | Unid. Saúde (m) | Áreas Verdes (m) |           |
| 1  | Cel Evangelista dos Santos, 115    | Cajuru      | 140.000     | 300,00            | 360,00          | alvenaria       | 27           | asfalto        | sim              | 8,72                 | 900              | 560        | 680        | 620             | 400              | 100       |
| 2  | Celso Cesar Osternak, 62           | Cajuru      | 50.000      | 90,0              | 360,0           | alvenaria       | 3            | anti-pó        | não              | 9,36                 | 260              | 170        | 290        | 370             | 300              | 500       |
| 3  | Arthur Erzinzer, 228               | Cajuru      | 85.000      | 182,00            | 300,00          | alvenaria       | 20           | asfalto        | sim              | 8,75                 | 620              | 470        | 580        | 560             | 120              | 10        |
| 4  | Jornalista Adelbar G. Stresser, 95 | Cajuru      | 73.000      | 130,0             | 330,8           | alvenaria       | 15           | asfalto        | sim              | 7,98                 | 710              | 480        | 490        | 1.210           | 440              | 500       |
| 5  | Amanzor Soffiatti, 23              | Cajuru      | 120.000     | 225,0             | 300,0           | alvenaria       | 28           | asfalto        | sim              | 8,04                 | 620              | 190        | 110        | 800             | 60               | 500       |
| 6  | Iolanda Maria José Frederico, 27   | Cajuru      | 60.000      | 150,0             | 416,9           | mista           | 8            | anti-pó        | não              | 9,03                 | 60               | 410        | 330        | 550             | 1.100            | 500       |
| 7  | Tunisia, 555                       | Cajuru      | 160.000     | 330,00            | 380,00          | alvenaria       | 20           | anti-pó        | sim              | 8,24                 | 40               | 510        | 510        | 350             | 670              | 100       |
| 8  | Cidade de Antonina, 274            | Cajuru      | 58.000      | 137,00            | 305,50          | alvenaria       | 12           | anti-pó        | sim              | 8,11                 | 160              | 370        | 560        | 470             | 580              | 10        |
| 9  | Nhundiaquara, 113                  | Cajuru      | 40.000      | 85,00             | 305,50          | alvenaria       | 12           | anti-pó        | sim              | 7,92                 | 130              | 190        | 460        | 650             | 500              | 10        |
| 10 | Filipinas, 308                     | Cajuru      | 130.000     | 180,0             | 462,0           | alvenaria       | 15           | asfalto        | sim              | 7,49                 | 60               | 410        | 440        | 620             | 420              | 500       |
| 11 | Sebastião Marcos Luiz, 569         | Cajuru      | 65.000      | 96,0              | 180,0           | alvenaria       | 7            | asfalto        | sim              | 7,23                 | 30               | 380        | 260        | 370             | 720              | 500       |
| 12 | Fortaleza, 2115                    | Cajuru      | 150.000     | 310,00            | 600,00          | alvenaria       | 10           | anti-pó        | sim              | 7,77                 | 120              | 380        | 170        | 850             | 760              | 10        |
| 13 | Isauro Trinco, 387                 | Cajuru      | 45.000      | 110,00            | 300,00          | alvenaria       | 20           | anti-pó        | sim              | 7,86                 | 100              | 370        | 340        | 940             | 1.060            | 100       |
| 14 | Niteroi, 1305                      | Cajuru      | 50.000      | 101,20            | 150,00          | alvenaria       | 12           | anti-pó        | sim              | 7,55                 | 260              | 220        | 110        | 870             | 970              | 10        |
| 15 | Dante Melara, 1735                 | Cajuru      | 45.000      | 85,00             | 110,00          | alvenaria       | 5            | anti-pó        | sim              | 7,58                 | 60               | 100        | 260        | 730             | 1.170            | 100       |
| 16 | Imbituva, 35                       | Cajuru      | 130.000     | 220,00            | 308,00          | alvenaria       | 8            | anti-pó        | sim              | 6,75                 | 460              | 190        | 350        | 470             | 530              | 25        |
| 17 | Goiania, 1064                      | Cajuru      | 75.000      | 120,0             | 600,0           | madeira         | 3            | anti-pó        | sim              | 6,35                 | 640              | 340        | 390        | 670             | 600              | 500       |
| 18 | Paulo de Frontin, 232              | Cajuru      | 65.000      | 130,00            | 308,00          | alvenaria       | 10           | anti-pó        | sim              | 6,47                 | 690              | 470        | 420        | 640             | 280              | 25        |
| 19 | Benedito Bley, 24                  | Cajuru      | 55.000      | 100,00            | 180,00          | alvenaria       | 2            | anti-pó        | sim              | 7,28                 | 130              | 320        | 490        | 210             | 1.080            | 100       |
| 20 | Raul de Oliveira, 50               | Cajuru      | 145.000     | 182,0             | 418,0           | alvenaria       | 0,5          | asfalto        | sim              | 6,16                 | 600              | 230        | 170        | 190             | 160              | 500       |
| 21 | Elzevir da Silveira Bueno, 102     | Cajuru      | 80.000      | 120,0             | 310,0           | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 5,84                 | 300              | 170        | 320        | 160             | 160              | 500       |
| 22 | Humberto Giraldi, 391              | Cajuru      | 53.000      | 120,00            | 291,00          | alvenaria       | 20           | anti-pó        | sim              | 6,83                 | 580              | 380        | 330        | 390             | 820              | 100       |
| 23 | Dante Melara, 320                  | Cajuru      | 49.000      | 100,00            | 151,00          | alvenaria       | 1            | anti-pó        | sim              | 6,79                 | 500              | 560        | 210        | 540             | 950              | 10        |
| 24 | Marian T. Laslowski, 89            | Cajuru      | 38.000      | 120,00            | 330,00          | mista           | 20           | anti-pó        | sim              | 6,76                 | 420              | 550        | 200        | 500             | 780              | 25        |
| 25 | Urbano Toniolo, 190                | Cajuru      | 55.000      | 130,00            | 286,00          | alvenaria       | 10           | asfalto        | sim              | 6,98                 | 170              | 460        | 150        | 410             | 660              | 10        |
| 26 | Wenceslau Teixeira Alves, 331      | Cajuru      | 40.000      | 100,00            | 308,00          | madeira         | 10           | asfalto        | sim              | 7,16                 | 60               | 560        | 220        | 510             | 740              | 10        |
| 27 | Adalberto Tadeu Vorobi, 128        | Cajuru      | 21.000      | 55,00             | 120,00          | madeira         | 2            | asfalto        | sim              | 7,10                 | 0                | 360        | 330        | 330             | 540              | 10        |
| 28 | Arnaldo Monti Bertolini, 93        | Cajuru      | 110.000     | 170,00            | 364,00          | alvenaria       | 7            | anti-pó        | sim              | 6,50                 | 570              | 580        | 450        | 530             | 600              | 100       |
| 29 | Reinaldo Tha, 495                  | Cajuru      | 130.000     | 162,0             | 434,0           | alvenaria       | 25           | anti-pó        | sim              | 5,48                 | 260              | 670        | 650        | 850             | 460              | 500       |
| 30 | Bendito Guil, 235                  | Capão       | 66.000      | 82,0              | 118,0           | alvenaria       | 5            | anti-pó        | sim              | 4,32                 | 680              | 200        | 350        | 1.510           | 440              | 500       |
| 31 | Affonso Camargo, 4105              | Capão       | 93.000      | 134,0             | 300,0           | alvenaria       | 20           | asfalto        | sim              | 5,03                 | 860              | 460        | 400        | 1.490           | 380              | 500       |
| 32 | Cel Arthur Ferreira de Abreu, 225  | Capão       | 65.000      | 107,0             | 286,0           | mista           | 30           | anti-pó        | sim              | 5,45                 | 780              | 450        | 860        | 1.450           | 80               | 500       |
| 33 | Delegado Leopoldo Belczak, 2205    | Capão       | 88.000      | 130,0             | 286,0           | alvenaria       | 20           | asfalto        | sim              | 5,77                 | 530              | 670        | 1.090      | 1.130           | 430              | 500       |

Tabela A1 - Informações coletadas relativas aos imóveis amostrados

| N  | Endereço                        | Localização | Preço (R\$) | Área Constr. (m²) | Área Terr. (m²) | Tipo de Constr. | Idade (anos) | Tipo de Pavim. | Coleta de Esgoto | Distância radial ao  |                  |            |            |                 |                  | TR (anos) |
|----|---------------------------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------|------------|-----------------|------------------|-----------|
|    |                                 |             |             |                   |                 |                 |              |                |                  | Centro Curitiba (km) | Ocup. Irreg. (m) | Escola (m) | Creche (m) | Unid. Saúde (m) | Áreas Verdes (m) |           |
| 34 | Humberto Mattana, 726           | Capão       | 55.000      | 86,0              | 200,0           | alvenaria       | 10           | anti-pó        | sim              | 6,47                 | 560              | 510        | 360        | 530             | 460              | 500       |
| 35 | Vicente Coradi, 85              | Capão       | 43.000      | 90,00             | 200,00          | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 6,90                 | 200              | 350        | 150        | 400             | 70               | 100       |
| 36 | Casimiro Tosi, 335              | Capão       | 45.000      | 100,00            | 180,00          | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 6,84                 | 80               | 620        | 200        | 660             | 280              | 25        |
| 37 | Paulo Kissula, 1540             | Capão       | 25.000      | 65,00             | 375,00          | madeira         | 20           | asfalto        | sim              | 6,96                 | 0                | 800        | 640        | 930             | 380              | 10        |
| 38 | Ana Lanardone Laverde, 75       | Capão       | 120.000     | 198,0             | 308,0           | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 5,69                 | 880              | 180        | 1.140      | 1.450           | 110              | 500       |
| 39 | Rubens Gomes de Souza, 347      | Tarumã      | 280.000     | 355,0             | 518,0           | alvenaria       | 12           | anti-pó        | sim              | 5,13                 | 1.400            | 530        | 920        | 1.600           | 350              | 500       |
| 40 | Generis Calvo, 72               | Tarumã      | 390.000     | 465,0             | 540,0           | alvenaria       | 2            | anti-pó        | sim              | 4,78                 | 1.280            | 340        | 580        | 1.500           | 450              | 500       |
| 41 | Raul J. Quadros Gomes, 218      | Tarumã      | 125.000     | 159,0             | 384,0           | alvenaria       | 35           | asfalto        | sim              | 3,52                 | 1.950            | 720        | 780        | 220             | 180              | 500       |
| 42 | Raphael Papa, 984               | Jd. Social  | 290.000     | 341,0             | 480,0           | alvenaria       | 25           | asfalto        | sim              | 4,25                 | 2.100            | 460        | 420        | 930             | 460              | 500       |
| 43 | Teophilo Soares Gomes, 400      | Jd. Social  | 280.000     | 339,4             | 500,0           | alvenaria       | 15           | asfalto        | sim              | 3,96                 | 2.480            | 460        | 530        | 780             | 270              | 500       |
| 44 | Av. Pres. Washington Luiz, 57   | Jd. Social  | 205.000     | 250,0             | 392,0           | alvenaria       | 18           | asfalto        | sim              | 3,79                 | 2.560            | 620        | 730        | 960             | 280              | 500       |
| 45 | Fagundes Varela, 998            | Jd. Social  | 174.000     | 210,0             | 360,0           | alvenaria       | 25           | asfalto        | sim              | 4,36                 | 1.900            | 230        | 720        | 1.260           | 130              | 500       |
| 46 | Pedro Eloy de Souza, 32         | Bairro Alto | 18.000      | 60,00             | 297,00          | mista           | 20           | asfalto        | sim              | 7,14                 | 0                | 460        | 630        | 530             | 240              | 10        |
| 47 | Visconde de Abaeté, 434         | Bairro Alto | 67.000      | 130,00            | 346,50          | alvenaria       | 20           | anti-pó        | sim              | 7,10                 | 200              | 220        | 370        | 280             | 280              | 100       |
| 48 | Luiz Barreto Murat, 1210        | Bairro Alto | 70.000      | 100,0             | 540,0           | alvenaria       | 4            | saibro         | sim              | 6,57                 | 150              | 460        | 550        | 570             | 600              | 500       |
| 49 | Jose Lins do Rego, 880          | Bairro Alto | 65.000      | 100,0             | 180,0           | alvenaria       | 7            | anti-pó        | sim              | 7,19                 | 360              | 390        | 160        | 250             | 710              | 500       |
| 50 | Sebastião Alves Ferreira, 3216  | Bairro Alto | 53.000      | 110,00            | 420,00          | alvenaria       | 7            | asfalto        | sim              | 7,50                 | 40               | 620        | 400        | 430             | 920              | 10        |
| 51 | Marco Polo, 849                 | Bairro Alto | 150.000     | 235,0             | 700,0           | alvenaria       | 17           | anti-pó        | sim              | 6,96                 | 600              | 420        | 600        | 430             | 640              | 500       |
| 52 | Said João Sallum, 861           | Bairro Alto | 138.500     | 200,0             | 350,0           | alvenaria       | 17           | anti-pó        | sim              | 6,61                 | 1.060            | 260        | 790        | 380             | 170              | 500       |
| 53 | Santa Madalena Sofia Barat, 790 | Bairro Alto | 140.000     | 240,0             | 500,0           | alvenaria       | 30           | asfalto        | sim              | 6,03                 | 1.080            | 930        | 250        | 530             | 700              | 500       |
| 54 | Gastão Luiz Cruls, 2640         | Bairro Alto | 80.000      | 170,00            | 200,00          | alvenaria       | 6            | anti-pó        | sim              | 7,62                 | 80               | 750        | 260        | 620             | 900              | 25        |
| 55 | Jornalista Alceu Chichorro, 895 | Bairro Alto | 88.000      | 190,00            | 600,00          | alvenaria       | 10           | anti-pó        | sim              | 7,64                 | 80               | 770        | 250        | 650             | 700              | 10        |
| 56 | Jornalista Alceu Chichorro, 646 | Bairro Alto | 110.000     | 220,00            | 500,00          | alvenaria       | 12           | anti-pó        | sim              | 7,38                 | 310              | 550        | 120        | 420             | 620              | 100       |
| 57 | Gastão Luiz Cruls, 2295         | Bairro Alto | 85.000      | 150,00            | 400,00          | alvenaria       | 10           | anti-pó        | sim              | 7,48                 | 300              | 710        | 310        | 590             | 590              | 100       |
| 58 | Rio Jari, 2110                  | Bairro Alto | 50.000      | 110,00            | 250,00          | alvenaria       | 10           | anti-pó        | sim              | 7,87                 | 0                | 1.030      | 500        | 910             | 540              | 25        |
| 59 | Adílio Ramos, 986               | Bairro Alto | 65.000      | 105,0             | 200,0           | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 7,00                 | 980              | 180        | 550        | 920             | 740              | 500       |
| 60 | Xingu, 1012                     | Bairro Alto | 43.000      | 80,0              | 500,0           | madeira         | 25           | anti-pó        | sim              | 7,78                 | 600              | 370        | 350        | 900             | 150              | 500       |
| 61 | Rio Mucuri, 133                 | Bairro Alto | 74.500      | 120,0             | 456,0           | alvenaria       | 2            | anti-pó        | sim              | 6,96                 | 700              | 590        | 160        | 920             | 660              | 500       |
| 62 | Professor Jorge Leitner, 25     | Bacacheri   | 220.000     | 295,6             | 445,2           | alvenaria       | 25           | asfalto        | sim              | 4,72                 | 1.640            | 550        | 600        | 850             | 100              | 500       |
| 63 | Wan Dick, 58                    | Bacacheri   | 80.000      | 120,0             | 360,0           | alvenaria       | 30           | anti-pó        | sim              | 4,90                 | 1.360            | 530        | 940        | 980             | 360              | 500       |
| 64 | Mexico, 985                     | Bacacheri   | 190.000     | 240,0             | 729,0           | alvenaria       | 20           | asfalto        | sim              | 4,24                 | 1.980            | 430        | 650        | 1.060           | 240              | 500       |
| 65 | Cicero Jaime Bley, 351          | Bacacheri   | 190.000     | 241,0             | 480,0           | alvenaria       | 20           | asfalto        | sim              | 5,41                 | 1.300            | 1.100      | 1.150      | 940             | 120              | 500       |
| 66 | Aviador Cicero Marques, 199     | Bacacheri   | 190.000     | 221,0             | 450,0           | alvenaria       | 25           | asfalto        | sim              | 5,77                 | 1.640            | 690        | 740        | 910             | 160              | 500       |

Tabela A1 - Informações coletadas relativas aos imóveis amostrados

| N  | Endereço                        | Localização | Preço (R\$) | Área Constr. (m²) | Área Terr. (m²) | Tipo de Constr. | Idade (anos) | Tipo de Pavim. | Coleta de Esgoto | Distância radial ao  |                  |            |            |                 |                  | TR (anos) |
|----|---------------------------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------|------------|-----------------|------------------|-----------|
|    |                                 |             |             |                   |                 |                 |              |                |                  | Centro Curitiba (km) | Ocup. Irreg. (m) | Escola (m) | Creche (m) | Unid. Saúde (m) | Áreas Verdes (m) |           |
| 67 | Angelo Vercesi, 34              | Bacacheri   | 95.000      | 180,0             | 277,8           | alvenaria       | 27           | anti-pó        | sim              | 6,33                 | 1.340            | 360        | 710        | 130             | 200              | 500       |
| 68 | João Batista Trentin, 55        | Bacacheri   | 55.000      | 150,00            | 456,00          | mista           | 25           | anti-pó        | sim              | 6,67                 | 1.700            | 170        | 190        | 550             | 370              | 10        |
| 69 | Alexandre Dalcuch, 84           | Bacacheri   | 173.000     | 290,0             | 300,0           | alvenaria       | 26           | asfalto        | sim              | 6,58                 | 760              | 200        | 740        | 1.400           | 80               | 500       |
| 70 | Ulisses Faria de Brito, 11      | Bacacheri   | 115.000     | 168,0             | 370,0           | alvenaria       | 27           | asfalto        | sim              | 6,65                 | 500              | 240        | 650        | 1.080           | 480              | 500       |
| 71 | Rio Tietê, 794                  | Atuba       | 110.000     | 200,0             | 500,0           | alvenaria       | 14           | anti-pó        | sim              | 7,47                 | 1.200            | 420        | 450        | 400             | 240              | 500       |
| 72 | Arthur Ramos, 510               | Atuba       | 73.000      | 140,0             | 500,0           | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 8,21                 | 700              | 330        | 350        | 380             | 540              | 500       |
| 73 | Rio Jurua, 250                  | Atuba       | 37.500      | 63,0              | 312,0           | alvenaria       | 10           | asfalto        | sim              | 7,49                 | 1.260            | 540        | 520        | 490             | 200              | 500       |
| 74 | Cidade de Missal, 39            | Atuba       | 42.000      | 88,0              | 200,0           | alvenaria       | 27           | asfalto        | não              | 9,05                 | 160              | 280        | 110        | 110             | 80               | 500       |
| 75 | Maria Augusta da Silva, 239     | Atuba       | 110.000     | 192,0             | 492,0           | alvenaria       | 7            | anti-pó        | não              | 7,84                 | 800              | 870        | 780        | 1.010           | 430              | 500       |
| 76 | José Romano, 211                | Atuba       | 85.000      | 200,00            | 220,00          | alvenaria       | 8            | anti-pó        | sim              | 9,03                 | 80               | 470        | 200        | 1.590           | 480              | 10        |
| 77 | Bernardo Rosemann, 352          | Tingui      | 52.000      | 92,0              | 372,0           | alvenaria       | 16           | anti-pó        | sim              | 7,28                 | 1.240            | 340        | 180        | 1.010           | 660              | 500       |
| 78 | Elpidio Alves de Assumpção, 103 | Tingui      | 66.000      | 130,00            | 360,00          | alvenaria       | 20           | anti-pó        | sim              | 6,51                 | 1.060            | 230        | 580        | 1.180           | 180              | 100       |
| 79 | Theodoro Gbur, 131              | Tingui      | 165.000     | 250,0             | 399,0           | alvenaria       | 7            | anti-pó        | sim              | 6,95                 | 1.500            | 290        | 540        | 760             | 640              | 500       |
| 80 | Edmundo Alberto Mercer, 781     | Tingui      | 60.000      | 90,0              | 360,0           | alvenaria       | 17           | anti-pó        | sim              | 7,24                 | 1.300            | 650        | 840        | 110             | 760              | 500       |
| 81 | Diogenes Brasil Lobato, 586     | Tingui      | 50.000      | 80,00             | 324,00          | alvenaria       | 12           | asfalto        | sim              | 6,84                 | 1.440            | 280        | 630        | 300             | 720              | 10        |
| 82 | Macapá, 430                     | Tingui      | 55.000      | 110,00            | 180,00          | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 6,90                 | 1.380            | 260        | 750        | 330             | 760              | 10        |
| 83 | Av. Paraná, 2010                | Boa Vista   | 180.000     | 247,0             | 480,0           | alvenaria       | 30           | asfalto        | sim              | 4,70                 | 2.300            | 530        | 1.040      | 610             | 260              | 500       |
| 84 | Benvenuto Gusso, 301            | Boa Vista   | 130.000     | 180,0             | 402,0           | alvenaria       | 30           | asfalto        | sim              | 4,89                 | 2.000            | 90         | 970        | 1.160           | 580              | 500       |
| 85 | José Merhy, 1465                | Boa Vista   | 180.000     | 280,0             | 600,0           | alvenaria       | 10           | asfalto        | sim              | 5,48                 | 1.500            | 620        | 340        | 820             | 360              | 100       |
| 86 | Ludovico Geronazzo, 865         | Boa Vista   | 270.000     | 400,0             | 660,0           | alvenaria       | 10           | asfalto        | sim              | 5,41                 | 1.360            | 530        | 620        | 860             | 560              | 500       |
| 87 | Fernando de Noronha, 580        | Boa Vista   | 155.000     | 220,0             | 556,0           | alvenaria       | 12           | asfalto        | sim              | 6,48                 | 650              | 310        | 650        | 570             | 600              | 500       |
| 88 | João Havro, 1311                | Boa Vista   | 85.000      | 120,0             | 367,0           | alvenaria       | 4            | anti-pó        | sim              | 5,28                 | 1.140            | 700        | 680        | 890             | 900              | 500       |
| 89 | Julio Pedroso de Moraes, 73     | Boa Vista   | 210.000     | 247,0             | 360,0           | alvenaria       | 11           | anti-pó        | sim              | 4,73                 | 1.440            | 70         | 320        | 1.320           | 410              | 500       |
| 90 | Eugenio Mocelin, 228            | Boa Vista   | 160.000     | 181,0             | 396,0           | alvenaria       | 18           | asfalto        | sim              | 5,15                 | 1.020            | 190        | 170        | 910             | 320              | 500       |
| 91 | Pedro Antonio Costa, 177        | Boa Vista   | 130.000     | 200,0             | 400,0           | alvenaria       | 3            | saibro         | sim              | 6,63                 | 340              | 440        | 510        | 550             | 140              | 500       |
| 92 | Humberto Geronazzo, 584         | Barreirinha | 130.000     | 180,0             | 550,0           | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 6,00                 | 100              | 300        | 580        | 250             | 40               | 500       |
| 93 | Clio Gloger Isfer, 144          | Barreirinha | 40.000      | 80,0              | 100,0           | mista           | 20           | asfalto        | sim              | 5,89                 | 520              | 350        | 80         | 430             | 40               | 500       |
| 94 | Maria Aparecida Beruski, 267    | Barreirinha | 68.000      | 107,0             | 180,0           | alvenaria       | 1            | anti-pó        | sim              | 6,60                 | 320              | 260        | 850        | 540             | 580              | 500       |
| 95 | Orlando de Moura Leite, 63      | Barreirinha | 65.000      | 120,0             | 252,9           | alvenaria       | 10           | saibro         | sim              | 6,83                 | 480              | 580        | 910        | 720             | 830              | 500       |
| 96 | Monsenhor Izidoro Mikos, 17     | Barreirinha | 100.000     | 174,0             | 715,0           | alvenaria       | 7            | anti-pó        | não              | 7,76                 | 360              | 860        | 1.100      | 660             | 220              | 500       |
| 97 | João Mequetti, 111              | Sta Cândida | 30.000      | 45,0              | 350,0           | alvenaria       | 2            | anti-pó        | sim              | 6,61                 | 250              | 550        | 770        | 210             | 520              | 500       |
| 98 | Travessa Rei David, 259         | Sta Cândida | 45.000      | 85,0              | 113,0           | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 6,71                 | 200              | 330        | 730        | 270             | 310              | 500       |
| 99 | Wallace Scott Murray, 312       | Sta Cândida | 110.000     | 180,00            | 1040,00         | alvenaria       | 18           | anti-pó        | sim              | 6,98                 | 800              | 290        | 1.170      | 810             | 850              | 10        |

Tabela A1 - Informações coletadas relativas aos imóveis amostrados

| N   | Endereço                        | Localização | Preço (R\$) | Área Constr. (m²) | Área Terr. (m²) | Tipo de Constr. | Idade (anos) | Tipo de Pavim. | Coleta de Esgoto | Distância radial ao  |                  |            |            |                 |                  | TR (anos) |
|-----|---------------------------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------|------------|-----------------|------------------|-----------|
|     |                                 |             |             |                   |                 |                 |              |                |                  | Centro Curitiba (km) | Ocup. Irreg. (m) | Escola (m) | Creche (m) | Unid. Saúde (m) | Áreas Verdes (m) |           |
| 100 | Joaquim Gomes, 30               | Sta Cândida | 78.000      | 170,00            | 420,00          | alvenaria       | 15           | anti-pó        | sim              | 6,98                 | 500              | 240        | 1.160      | 520             | 1.030            | 10        |
| 101 | Guilherme Matter, 237           | Sta Cândida | 180.000     | 265,0             | 384,0           | alvenaria       | 7            | anti-pó        | sim              | 7,33                 | 1.020            | 280        | 1.260      | 600             | 420              | 500       |
| 102 | Guilherme Weigert, 6            | Sta Cândida | 108.000     | 185,0             | 360,0           | alvenaria       | 10           | anti-pó        | não              | 7,87                 | 640              | 500        | 680        | 390             | 600              | 500       |
| 103 | Doutor Alvaro Teixeira, 524     | Sta Cândida | 30.000      | 50,0              | 123,0           | alvenaria       | 18           | anti-pó        | não              | 7,58                 | 400              | 570        | 840        | 800             | 580              | 500       |
| 104 | Calistrat Coluciuc, 95          | Sta Cândida | 190.000     | 330,0             | 360,0           | alvenaria       | 2            | anti-pó        | não              | 7,22                 | 250              | 550        | 1.120      | 1.040           | 160              | 500       |
| 105 | Beppe Gusso, 230                | Sta Cândida | 86.000      | 165,0             | 330,0           | alvenaria       | 6            | sai ou ap      | não              | 8,52                 | 420              | 640        | 450        | 890             | 1.040            | 500       |
| 106 | Eng. Gastão Chaves, 69          | Sta Cândida | 112.500     | 225,0             | 352,0           | alvenaria       | 8            | anti-pó        | não              | 8,87                 | 230              | 630        | 510        | 1.030           | 920              | 500       |
| 107 | Guilherme Wisniewski, 50        | Sta Cândida | 39.900      | 69,0              | 140,0           | alvenaria       | 0,2          | anti-pó        | sim              | 8,80                 | 180              | 290        | 320        | 1.180           | 660              | 500       |
| 108 | Alberto Magno, 89               | Sta Cândida | 53.000      | 220,00            | 360,00          | mista           | 20           | saibro         | não              | 9,54                 | 160              | 260        | 740        | 1.870           | 60               | 10        |
| 109 | Antonio Antomiacomi, 700        | Sta Cândida | 57.000      | 152,00            | 360,00          | alvenaria       | 18           | anti-pó        | não              | 9,52                 | 200              | 180        | 860        | 1.760           | 320              | 10        |
| 110 | Rio Piraquara, 1153             | Pinhais     | 66.000      | 140,0             | 480,0           | alvenaria       | 7            | saibro         | não              | 9,26                 | 440              | 80         | 430        | 670             | 2.300            | 500       |
| 111 | Rio São Francisco, 1291         | Pinhais     | 20.000      | 80,00             | 500,00          | mista           | 10           | saibro         | não              | 8,85                 | 120              | 460        | 640        | 870             | 2.000            | 10        |
| 112 | Laura Lopes dos Santos,         | Pinhais     | 42.000      | 120,00            | 480,00          | mista           | 12           | saibro         | não              | 7,43                 | 90               | 380        | 480        | 450             | 140              | 25        |
| 113 | Maria Luiza Borba, 548          | Pinhais     | 65.000      | 180,00            | 510,00          | alvenaria       | 12           | saibro         | não              | 7,29                 | 100              | 300        | 350        | 380             | 400              | 25        |
| 114 | Valdemar de Siqueira, 41        | Pinhais     | 30.000      | 130,00            | 480,00          | mista           | 7            | saibro         | não              | 7,08                 | 60               | 480        | 440        | 550             | 800              | 10        |
| 115 | 25 de agosto, 609               | Pinhais     | 85.000      | 170,0             | 750,0           | mista           | 20           | asfalto        | não              | 8,58                 | 1.250            | 400        | 760        | 460             | 320              | 500       |
| 116 | Primeiro de maio, 386           | Pinhais     | 60.000      | 110,0             | 525,0           | alvenaria       | 18           | asfalto        | não              | 8,46                 | 1.270            | 330        | 580        | 280             | 180              | 500       |
| 117 | Alvorada do Sul, 380            | Pinhais     | 18.000      | 80,00             | 108,00          | alvenaria       | 10           | saibro         | não              | 7,43                 | 0                | 1.070      | 1.110      | 1.280           | 920              | 10        |
| 118 | Altonivai, 408                  | Pinhais     | 20.000      | 60,00             | 360,00          | madeira         | 15           | saibro         | não              | 7,50                 | 50               | 1.000      | 1.040      | 1.230           | 850              | 25        |
| 119 | Terra Boa, 83                   | Pinhais     | 230.000     | 330,0             | 480,0           | alvenaria       | 12           | asfalto        | não              | 8,28                 | 780              | 410        | 890        | 770             | 280              | 500       |
| 120 | Eugenio Rodriguez, 841          | Pinhais     | 90.000      | 140,0             | 442,0           | alvenaria       | 5            | asfalto        | sim              | 9,09                 | 1.340            | 560        | 770        | 130             | 180              | 500       |
| 121 | Terra Boa, 635                  | Pinhais     | 120.000     | 205,0             | 600,0           | alvenaria       | 12           | asfalto        | não              | 8,38                 | 580              | 230        | 1.450      | 630             | 260              | 500       |
| 122 | Valdemar Robinson, 116          | Pinhais     | 35.000      | 100,00            | 200,00          | alvenaria       | 11           | saibro         | não              | 7,71                 | 0                | 920        | 1.570      | 1.340           | 420              | 25        |
| 123 | Apucarana, 1362                 | Pinhais     | 22.000      | 60,00             | 520,00          | alvenaria       | 12           | saibro         | não              | 7,74                 | 80               | 1.260      | 1.520      | 1.600           | 400              | 10        |
| 124 | Corbélia, 2123                  | Pinhais     | 50.000      | 110               | 360             | alvenaria       | 11           | saibro         | não              | 9,15                 | 440              | 520        | 1.370      | 880             | 680              | 500       |
| 125 | Santa Alves Petra, 180          | Pinhais     | 75.000      | 146,0             | 372,0           | alvenaria       | 15           | asfalto        | não              | 9,24                 | 430              | 540        | 1.180      | 1.180           | 830              | 500       |
| 126 | Londrina, 126                   | Pinhais     | 75.000      | 152,0             | 374,0           | alvenaria       | 13           | asfalto        | não              | 8,70                 | 200              | 850        | 860        | 1.390           | 760              | 500       |
| 127 | Porto Belo, 226                 | Pinhais     | 70.000      | 154,0             | 517,0           | alvenaria       | 10           | saibro         | não              | 8,79                 | 360              | 670        | 680        | 1.230           | 660              | 500       |
| 128 | Alzira de Araujo Souza, 845     | Pinhais     | 60.000      | 110,0             | 350,0           | alvenaria       | 18           | asfalto        | sim              | 8,50                 | 100              | 450        | 510        | 1.200           | 240              | 500       |
| 129 | Palotina, 1187                  | Pinhais     | 100.000     | 215,0             | 617,0           | alvenaria       | 12           | saibro         | não              | 9,13                 | 460              | 380        | 460        | 700             | 470              | 500       |
| 130 | Isaac Victor Pereira, 227       | Pinhais     | 68.000      | 148,0             | 324,0           | alvenaria       | 15           | asfalto        | sim              | 9,27                 | 380              | 280        | 540        | 540             | 650              | 500       |
| 131 | Eng. Silvio Teixeira Pinto, 428 | Pinhais     | 95.000      | 200               | 405             | alvenaria       | 15           | asfalto        | sim              | 9,07                 | 160              | 510        | 600        | 500             | 660              | 500       |



Tabela A1 - Informações coletadas relativas aos imóveis amostrados

| N   | Endereço                                 | Localização | Preço (R\$) | Área Constr. (m²) | Área Terr. (m²) | Tipo de Constr. | Idade (anos) | Tipo de Pavim. | Coleta de Esgoto | Distância radial ao  |                  |            |            |                 |                  | TR (anos) |
|-----|--|-------------|-------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|------------------|----------------------|------------------|------------|------------|-----------------|------------------|-----------|
|     |  |             |             |                   |                 |                 |              |                |                  | Centro Curitiba (km) | Ocup. Irreg. (m) | Escola (m) | Creche (m) | Unid. Saúde (m) | Áreas Verdes (m) |           |
| 132 | José da Costa Lima esq/ Waldemar C. Lima | Pinhais     | 140.000     | 300,0             | 854,0           | alvenaria       | 13           | saibro         | não              | 9,20                 | 130              | 100        | 660        | 480             | 1.300            | 500       |
| 133 | Trav. Josefina P. Guimarães, 22          | Colombo     | 230.000     | 450,0             | 1135,0          | alvenaria       | 8            | asfalto        | não              | 10,09                | 1.020            | 240        | 760        | 780             | 1.080            | 500       |
| 134 | Enemézio de Rosário, 438                 | Colombo     | 35.000      | 80,00             | 420,00          | madeira         | 15           | asfalto        | não              | 9,41                 | 100              | 380        | 610        | 270             | 280              | 25        |
| 135 | Mendel, 231                              | Colombo     | 50.000      | 204               | 432,00          | alvenaria       | 6            | saibro         | não              | 9,87                 | 330              | 530        | 330        | 540             | 540              | 10        |
| 136 | Aristóteles, 450                         | Colombo     | 46.000      | 130,0             | 480,0           | mista           | 15           | saibro         | não              | 10,35                | 80               | 450        | 490        | 820             | 800              | 500       |
| 137 | Haiti, 184                               | Colombo     | 69.000      | 150,00            | 420,00          | alvenaria       | 5            | asfalto        | não              | 9,76                 | 160              | 520        | 580        | 800             | 880              | 25        |
| 138 | Maranhão, 484                            | Colombo     | 24.000      | 60,00             | 180,00          | alvenaria       | 10           | asfalto        | não              | 8,98                 | 40               | 490        | 1.000      | 800             | 760              | 10        |
| 139 | Amazonas, 202                            | Colombo     | 75.000      | 250,00            | 480,00          | mista           | 15           | anti-pó        | não              | 8,92                 | 120              | 650        | 1.040      | 830             | 800              | 10        |
| 140 | Julio Ribeiro, 63                        | Colombo     | 35.000      | 80,0              | 360,0           | alvenaria       | 12           | asfalto        | não              | 11,06                | 140              | 610        | 1.120      | 550             | 880              | 500       |
| 141 | Izabel Capelari Antomiacomi,             | Colombo     | 35.000      | 74,0              | 360,0           | alvenaria       | 6            | asfalto        | não              | 11,74                | 280              | 520        | 400        | 450             | 1.140            | 500       |
| 142 | Madagascar, 144                          | Colombo     | 35.000      | 60,0              | 528,0           | alvenaria       | 5            | asfalto        | não              | 10,52                | 560              | 80         | 340        | 750             | 100              | 500       |
| 143 | Varsóvia, 69                             | Colombo     | 35.000      | 70,0              | 150,0           | alvenaria       | 2            | saibro         | não              | 9,96                 | 460              | 320        | 190        | 230             | 740              | 500       |
| 144 | José Bonifácio, 181                      | Colombo     | 25.000      | 54,0              | 168,0           | alvenaria       | 1            | saibro         | não              | 10,02                | 100              | 640        | 340        | 510             | 1.000            | 500       |
| 145 | Pedro Dalazuana, 81                      | Colombo     | 35.000      | 140               | 420,00          | alvenaria       | 10           | asfalto        | não              | 9,62                 | 120              | 870        | 600        | 600             | 1.440            | 10        |
| 146 | José Nadolny, 210                        | Colombo     | 45.000      | 174,00            | 520,00          | mista           | 10           | asfalto        | não              | 9,71                 | 140              | 620        | 550        | 1.100           | 1.700            | 10        |
| 147 | Nicaragua, 354                           | Colombo     | 55.000      | 110,0             | 423,64          | alvenaria       | 7            | asfalto        | não              | 10,67                | 80               | 340        | 210        | 300             | 1.220            | 500       |
| 148 | André Nadolny, 668                       | Colombo     | 120.000     | 220,0             | 360,0           | alvenaria       | 4            | asfalto        | não              | 10,50                | 240              | 470        | 320        | 330             | 1.660            | 500       |
| 149 | José Taborda dos Santos, 341             | Colombo     | 27.000      | 100,0             | 416,0           | mista           | 10           | saibro         | não              | 11,76                | 200              | 480        | 480        | 350             | 1.080            | 500       |
| 150 | Luiza Baldon Borato, 35                  | Colombo     | 65.000      | 149,0             | 360,0           | alvenaria       | 7            | saibro         | não              | 11,37                | 240              | 210        | 540        | 600             | 1.600            | 500       |
| 151 | Rio Javari, 151                          | Colombo     | 25.000      | 70,0              | 432,0           | alvenaria       | 10           | saibro         | não              | 11,21                | 200              | 430        | 490        | 580             | 1.900            | 500       |
| 152 | Prefeito Pio Alberti, 1300               | Colombo     | 41.000      | 95,0              | 459,0           | mista           | 8            | asfalto        | não              | 10,55                | 40               | 340        | 510        | 560             | 1.500            | 500       |
| 153 | Gregório Adada, 15                       | Colombo     | 24.000      | 60,0              | 378,0           | mista           | 10           | saibro         | não              | 10,26                | 60               | 180        | 530        | 1.040           | 1.050            | 500       |
| 154 | Manoel Alberti, 319                      | Colombo     | 70.000      | 142,0             | 408,0           | alvenaria       | 10           | asfalto        | não              | 10,13                | 180              | 200        | 340        | 1.270           | 840              | 500       |
| 155 | Francisco Wanke, 350                     | Colombo     | 35.000      | 76,0              | 100,0           | alvenaria       | 5            | asfalto        | não              | 10,60                | 260              | 400        | 100        | 1.200           | 930              | 500       |
| 156 | Julio Jordão, 105                        | Colombo     | 54.000      | 190,00            | 374,00          | alvenaria       | 7            | saibro         | não              | 10,22                | 80               | 770        | 1.400      | 2.680           | 600              | 10        |
| 157 | Lucas Cubis, 162                         | Colombo     | 40.000      | 120,0             | 360,0           | alvenaria       | 15           | asfalto        | não              | 11,40                | 100              | 730        | 1.080      | 2.180           | 1.280            | 500       |
| 158 | Brasílio Bontorim, 341                   | Colombo     | 45.000      | 140,0             | 492,0           | alvenaria       | 10           | saibro         | não              | 11,65                | 220              | 420        | 1.400      | 2.340           | 1.540            | 500       |
| 159 | Do cisne, 59                             | Colombo     | 40.000      | 130,0             | 840,0           | alvenaria       | 15           | saibro         | não              | 13,14                | 400              | 320        | 200        | 160             | 2.800            | 500       |

## **ANEXO B – LOCALIZAÇÃO DOS IMÓVEIS AMOSTRADOS**

## **ANEXO C – EXEMPLOS DE REGRESSÕES TESTADAS**

## RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 1

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,971     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,944     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,931     |
| Erro padrão                     | 15735,127 |
| Observações                     | 159,000   |

|           | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m²)   | 612,616             | 21,751             | 28,165        | 1,928E-60      | 569,624               | 655,608               |
| AT (m²)   | 0,632               | 10,026             | 0,063         | 0,9498173      | -19,185               | 20,450                |
| TC        | 5390,920            | 4083,561           | 1,320         | 0,18887902     | -2680,555             | 13462,394             |
| ID (anos) | -691,707            | 203,141            | -3,405        | 0,00085732     | -1093,231             | -290,182              |
| MU        | 2503,460            | 5113,057           | 0,490         | 0,62514725     | -7602,895             | 12609,814             |
| DC (km)   | -5811,215           | 734,924            | -7,907        | 6,2956E-13     | -7263,849             | -4358,581             |
| OI (m)    | 11,383              | 3,304              | 3,446         | 0,00074662     | 4,853                 | 17,913                |
| AS        | 11180,588           | 4202,218           | 2,661         | 0,00868421     | 2874,578              | 19486,598             |
| AP        | 3370,064            | 4676,603           | 0,721         | 0,47231019     | -5873,605             | 12613,733             |
| CE        | 8042,159            | 4490,233           | 1,791         | 0,07538841     | -833,135              | 16917,452             |
| ES (m)    | 3,137               | 6,041              | 0,519         | 0,60430575     | -8,803                | 15,078                |
| CR (m)    | 2,439               | 4,773              | 0,511         | 0,61016493     | -6,996                | 11,874                |
| US (m)    | 2,766               | 3,226              | 0,858         | 0,39257646     | -3,610                | 9,142                 |
| AV (m)    | 1,857               | 3,612              | 0,514         | 0,60792799     | -5,282                | 8,996                 |
| TR (anos) | 47,027              | 6,400              | 7,348         | 1,377E-11      | 34,378                | 59,677                |

## RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 2

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,973     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,946     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,934     |
| Erro padrão                     | 15431,234 |
| Observações                     | 159,000   |

|              | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|--------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m²)      | 590,987             | 19,890             | 29,712        | 2,6837E-63     | 551,673               | 630,302               |
| <b>In AT</b> | 5303,044            | 2215,053           | 2,394         | 0,01794887     | 924,819               | 9681,268              |
| TC           | 6701,538            | 3957,518           | 1,693         | 0,09254742     | -1120,804             | 14523,880             |
| ID (anos)    | -764,873            | 200,991            | -3,806        | 0,00020863     | -1162,147             | -367,599              |
| MU           | -75,028             | 5116,057           | -0,015        | 0,98831951     | -10187,312            | 10037,255             |
| DC (km)      | -8192,932           | 1209,855           | -6,772        | 2,9984E-10     | -10584,304            | -5801,560             |
| OI (m)       | 8,964               | 3,360              | 2,668         | 0,00850813     | 2,323                 | 15,605                |
| AS           | 11684,122           | 4115,320           | 2,839         | 0,00517763     | 3549,874              | 19818,371             |
| AP           | 3560,598            | 4585,440           | 0,777         | 0,43872693     | -5502,880             | 12624,075             |
| CE           | 4563,822            | 4635,569           | 0,985         | 0,32650998     | -4598,740             | 13726,384             |
| ES (m)       | -1,370              | 6,208              | -0,221        | 0,82564473     | -13,640               | 10,900                |
| CR (m)       | -0,098              | 4,752              | -0,021        | 0,98360378     | -9,490                | 9,294                 |
| US (m)       | 3,074               | 3,101              | 0,991         | 0,32316737     | -3,055                | 9,204                 |
| AV (m)       | 1,553               | 3,512              | 0,442         | 0,65896236     | -5,388                | 8,494                 |
| TR (anos)    | 45,130              | 6,306              | 7,157         | 3,8851E-11     | 32,666                | 57,594                |

### RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 3

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,972     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,944     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,932     |
| Erro padrão                     | 15649,110 |
| Observações                     | 159,000   |

|                      | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m <sup>2</sup> ) | 581,774             | 20,781             | 27,996        | 4,0208E-60     | 540,699               | 622,848               |
| <b>In AT</b>         | 9539,677            | 2901,263           | 3,288         | 0,0012676      | 3805,105              | 15274,249             |
| TC                   | 7147,705            | 4045,019           | 1,767         | 0,07934017     | -847,589              | 15142,999             |
| ID (anos)            | -805,339            | 203,658            | -3,954        | 0,00011992     | -1207,884             | -402,794              |
| MU                   | 4061,488            | 5099,257           | 0,796         | 0,42706058     | -6017,588             | 14140,565             |
| <b>In DC</b>         | -45518,744          | 7143,075           | -6,372        | 2,3601E-09     | -59637,585            | -31399,903            |
| OI (m)               | 8,875               | 3,451              | 2,572         | 0,01112159     | 2,055                 | 15,695                |
| AS                   | 11547,932           | 4179,339           | 2,763         | 0,00647349     | 3287,145              | 19808,720             |
| AP                   | 3947,723            | 4670,324           | 0,845         | 0,3993579      | -5283,535             | 13178,981             |
| CE                   | 8259,981            | 4564,774           | 1,810         | 0,07245827     | -762,650              | 17282,611             |
| ES (m)               | 1,006               | 6,256              | 0,161         | 0,87241915     | -11,360               | 13,373                |
| CR (m)               | 1,588               | 4,794              | 0,331         | 0,74092779     | -7,887                | 11,063                |
| US (m)               | 3,162               | 3,149              | 1,004         | 0,31693109     | -3,062                | 9,386                 |
| AV (m)               | -1,069              | 3,464              | -0,309        | 0,75806945     | -7,916                | 5,778                 |
| TR (anos)            | 43,464              | 6,389              | 6,803         | 2,5412E-10     | 30,836                | 56,091                |

### RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 4

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,973     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,947     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,935     |
| Erro padrão                     | 15245,469 |
| Observações                     | 159,000   |

|                      | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m <sup>2</sup> ) | 592,751             | 19,668             | 30,137        | 4,6046E-64     | 553,875               | 631,627               |
| <b>In AT</b>         | 3335,801            | 2235,092           | 1,492         | 0,13776446     | -1082,032             | 7753,635              |
| TC                   | 4841,877            | 3966,907           | 1,221         | 0,22424477     | -2999,022             | 12682,776             |
| ID (anos)            | -825,890            | 198,282            | -4,165        | 5,3361E-05     | -1217,809             | -433,970              |
| MU                   | 124,129             | 5052,946           | 0,025         | 0,98043542     | -9863,411             | 10111,669             |
| DC (km)              | -8581,630           | 1198,639           | -7,159        | 3,8254E-11     | -10950,833            | -6212,426             |
| OI (m)               | 9,314               | 3,298              | 2,824         | 0,00541464     | 2,795                 | 15,833                |
| AS                   | 11958,973           | 4064,617           | 2,942         | 0,00379914     | 3924,943              | 19993,004             |
| AP                   | 2454,453            | 4523,705           | 0,543         | 0,58826072     | -6487,002             | 11395,907             |
| CE                   | 3037,956            | 4555,591           | 0,667         | 0,50592667     | -5966,523             | 12042,435             |
| ES (m)               | -2,854              | 6,093              | -0,468        | 0,64016418     | -14,897               | 9,189                 |
| CR (m)               | 1,327               | 4,695              | 0,283         | 0,77782537     | -7,953                | 10,607                |
| US (m)               | 3,222               | 3,064              | 1,052         | 0,29478785     | -2,834                | 9,277                 |
| AV (m)               | 2,038               | 3,473              | 0,587         | 0,55818795     | -4,826                | 8,903                 |
| <b>In TR</b>         | 6334,705            | 846,486            | 7,484         | 6,5841E-12     | 4661,560              | 8007,850              |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 5

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,973     |
| R²                              | 0,947     |
| R² ajustado                     | 0,935     |
| Erro padrão                     | 15310,829 |
| Observações                     | 159,000   |

|              | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|--------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m²)      | 581,657             | 20,317             | 28,629        | 2,611E-61      | 541,499               | 621,815               |
| <b>In AT</b> | 8331,424            | 2859,403           | 2,914         | 0,00414239     | 2679,592              | 13983,256             |
| TC           | 5377,197            | 4005,292           | 1,343         | 0,181539       | -2539,573             | 13293,966             |
| ID (anos)    | -864,720            | 198,979            | -4,346        | 2,6065E-05     | -1258,017             | -471,423              |
| MU           | 4298,144            | 4987,477           | 0,862         | 0,39023742     | -5559,991             | 14156,278             |
| <b>In DC</b> | -49377,765          | 7011,553           | -7,042        | 7,1659E-11     | -63236,643            | -35518,886            |
| OI (m)       | 8,614               | 3,371              | 2,555         | 0,01164483     | 1,951                 | 15,277                |
| AS           | 12013,019           | 4086,553           | 2,940         | 0,00382894     | 3935,631              | 20090,408             |
| AP           | 3152,258            | 4564,681           | 0,691         | 0,49094377     | -5870,188             | 12174,705             |
| CE           | 6834,533            | 4437,139           | 1,540         | 0,1256814      | -1935,816             | 15604,882             |
| ES (m)       | -0,222              | 6,079              | -0,037        | 0,97091992     | -12,237               | 11,793                |
| CR (m)       | 2,974               | 4,692              | 0,634         | 0,52713805     | -6,299                | 12,247                |
| US (m)       | 3,401               | 3,081              | 1,104         | 0,27137209     | -2,688                | 9,490                 |
| AV (m)       | -0,493              | 3,393              | -0,145        | 0,88468521     | -7,199                | 6,214                 |
| <b>In TR</b> | 6288,912            | 849,644            | 7,402         | 1,0293E-11     | 4609,525              | 7968,298              |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 6

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,974     |
| R²                              | 0,948     |
| R² ajustado                     | 0,936     |
| Erro padrão                     | 15063,993 |
| Observações                     | 159,000   |

|                      | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m²)              | 582,777             | 19,977             | 29,172        | 2,5903E-62     | 543,291               | 622,263               |
| <b>In AT</b>         | 7451,106            | 2837,970           | 2,626         | 0,0095867      | 1841,639              | 13060,574             |
| TC                   | 5361,464            | 3932,706           | 1,363         | 0,17491523     | -2411,835             | 13134,763             |
| ID (anos)            | -968,314            | 199,849            | -4,845        | 3,2322E-06     | -1363,332             | -573,296              |
| MU                   | 2869,115            | 4881,585           | 0,588         | 0,55762579     | -6779,718             | 12517,947             |
| <b>In DC</b>         | -46972,249          | 6824,628           | -6,883        | 1,6725E-10     | -60461,654            | -33482,843            |
| OI (m)               | 8,647               | 3,311              | 2,611         | 0,00997314     | 2,102                 | 15,192                |
| AS                   | 11258,104           | 3980,739           | 2,828         | 0,00534957     | 3389,865              | 19126,342             |
| AP                   | 3145,362            | 4474,415           | 0,703         | 0,48321183     | -5698,666             | 11989,390             |
| CE                   | 7675,401            | 4382,588           | 1,751         | 0,08201658     | -987,125              | 16337,926             |
| ES (m)               | 1,311               | 6,021              | 0,218         | 0,82797167     | -10,591               | 13,212                |
| CR (m)               | 2,400               | 4,568              | 0,525         | 0,60017662     | -6,629                | 11,429                |
| US (m)               | 2,780               | 3,044              | 0,913         | 0,3625725      | -3,236                | 8,797                 |
| <b>AV (&gt;500m)</b> | 6217,289            | 2843,845           | 2,186         | 0,03041426     | 596,208               | 11838,369             |
| <b>In TR</b>         | 6146,434            | 837,101            | 7,343         | 1,4217E-11     | 4491,838              | 7801,030              |

## RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 7

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,974     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,949     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,937     |
| Erro padrão                     | 15014,813 |
| Observações                     | 159,000   |

|                      | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m <sup>2</sup> ) | 578,679             | 19,738             | 29,318        | 1,3989E-62     | 539,666               | 617,692               |
| <b>In AT</b>         | 8627,615            | 2708,853           | 3,185         | 0,00177489     | 3273,357              | 13981,873             |
| TC                   | 6882,875            | 3880,909           | 1,774         | 0,07825611     | -788,043              | 14553,794             |
| ID (anos)            | -940,903            | 199,584            | -4,714        | 5,668E-06      | -1335,397             | -546,409              |
| MU                   | 3223,273            | 4841,042           | 0,666         | 0,5065899      | -6345,421             | 12791,968             |
| <b>In DC</b>         | -46783,653          | 6794,998           | -6,885        | 1,6527E-10     | -60214,495            | -33352,812            |
| OI (m)               | 8,479               | 3,282              | 2,583         | 0,01077671     | 1,992                 | 14,966                |
| AS                   | 11264,088           | 3961,638           | 2,843         | 0,00511483     | 3433,604              | 19094,572             |
| AP                   | 3183,143            | 4457,591           | 0,714         | 0,47632443     | -5627,632             | 11993,917             |
| CE                   | 6905,685            | 4356,226           | 1,585         | 0,1151043      | -1704,733             | 15516,104             |
| <b>ES (&gt;500m)</b> | -3416,468           | 2625,204           | -1,301        | 0,19519622     | -8605,387             | 1772,451              |
| <b>CR (&gt;500m)</b> | -1634,676           | 2683,815           | -0,609        | 0,54342667     | -6939,444             | 3670,092              |
| <b>US (&gt;500m)</b> | -3292,274           | 2749,362           | -1,197        | 0,23309142     | -8726,601             | 2142,052              |
| <b>AV (&gt;500m)</b> | 6033,535            | 2836,249           | 2,127         | 0,03509959     | 427,470               | 11639,601             |
| <b>In TR</b>         | 5986,858            | 828,138            | 7,229         | 2,6257E-11     | 4349,980              | 7623,737              |

## RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 8

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,974     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,949     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,937     |
| Erro padrão                     | 14982,210 |
| Observações                     | 159,000   |

|                      | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m <sup>2</sup> ) | 579,935             | 19,587             | 29,608        | 2,3892E-63     | 541,222               | 618,648               |
| <b>In AT</b>         | 8636,289            | 2702,933           | 3,195         | 0,00171513     | 3294,051              | 13978,527             |
| TC                   | 6919,983            | 3872,005           | 1,787         | 0,07599686     | -732,877              | 14572,844             |
| ID (anos)            | -918,161            | 195,635            | -4,693        | 6,1661E-06     | -1304,825             | -531,497              |
| <b>MU</b>            | 2802,585            | 4781,113           | 0,586         | 0,55866705     | -6647,090             | 12252,260             |
| <b>In DC</b>         | -47326,500          | 6721,669           | -7,041        | 7,0744E-11     | -60611,605            | -34041,395            |
| OI (m)               | 8,623               | 3,266              | 2,640         | 0,00919425     | 2,168                 | 15,079                |
| AS                   | 11363,110           | 3949,705           | 2,877         | 0,00462211     | 3556,678              | 19169,542             |
| AP                   | 3334,743            | 4440,973           | 0,751         | 0,45392752     | -5442,659             | 12112,145             |
| CE                   | 6627,736            | 4322,851           | 1,533         | 0,12740897     | -1916,204             | 15171,676             |
| <b>ES (&gt;500m)</b> | -3151,763           | 2583,360           | -1,220        | 0,22443603     | -8257,668             | 1954,142              |
| <b>US (&gt;500m)</b> | -3440,345           | 2732,646           | -1,259        | 0,21006097     | -8841,309             | 1960,620              |
| <b>AV (&gt;500m)</b> | 6018,904            | 2829,989           | 2,127         | 0,03512703     | 425,547               | 11612,262             |
| <b>In TR</b>         | 5988,659            | 826,334            | 7,247         | 2,3295E-11     | 4355,443              | 7621,875              |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 9

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,974     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,949     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,937     |
| Erro padrão                     | 14948,493 |
| Observações                     | 159,000   |

|                      | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m²)              | 580,215             | 19,537             | 29,698        | 9,4387E-64     | 541,603               | 618,827               |
| <b>In AT</b>         | 8756,871            | 2689,029           | 3,257         | 0,00140239     | 3442,420              | 14071,322             |
| TC                   | 7075,649            | 3854,195           | 1,836         | 0,0684171      | -541,571              | 14692,870             |
| ID (anos)            | -908,591            | 194,514            | -4,671        | 6,7383E-06     | -1293,018             | -524,165              |
| <b>In DC</b>         | -47695,466          | 6677,072           | -7,143        | 4,0002E-11     | -60891,668            | -34499,264            |
| OI (m)               | 8,576               | 3,258              | 2,632         | 0,00939439     | 2,137                 | 15,014                |
| AS                   | 11569,875           | 3925,070           | 2,948         | 0,00372873     | 3812,580              | 19327,170             |
| <b>AP</b>            | 4376,104            | 4060,999           | 1,078         | 0,28299279     | -3649,835             | 12402,042             |
| CE                   | 8144,030            | 3455,699           | 2,357         | 0,01976651     | 1314,374              | 14973,687             |
| <b>ES (&gt;500m)</b> | -3095,298           | 2575,753           | -1,202        | 0,23142318     | -8185,876             | 1995,281              |
| <b>US (&gt;500m)</b> | -3495,419           | 2724,885           | -1,283        | 0,20160294     | -8880,733             | 1889,894              |
| <b>AV (&gt;500m)</b> | 6250,377            | 2795,997           | 2,235         | 0,02690387     | 724,522               | 11776,233             |
| <b>In TR</b>         | 6002,300            | 824,148            | 7,283         | 1,8756E-11     | 4373,499              | 7631,100              |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 10

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,974     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,948     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,937     |
| Erro padrão                     | 14956,687 |
| Observações                     | 159,000   |

|                      | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m²)              | 582,125             | 19,467             | 29,903        | 2,2904E-64     | 543,653               | 620,597               |
| <b>In AT</b>         | 8521,371            | 2681,603           | 3,178         | 0,00180971     | 3221,901              | 13820,840             |
| TC                   | 7394,590            | 3844,920           | 1,923         | 0,05638682     | -203,863              | 14993,044             |
| ID (anos)            | -909,655            | 194,618            | -4,674        | 6,6206E-06     | -1294,265             | -525,045              |
| <b>In DC</b>         | -46534,201          | 6593,147           | -7,058        | 6,1979E-11     | -59563,787            | -33504,614            |
| OI (m)               | 8,736               | 3,256              | 2,683         | 0,00814097     | 2,300                 | 15,171                |
| AS                   | 8410,463            | 2611,036           | 3,221         | 0,00157225     | 3250,450              | 13570,477             |
| CE                   | 10134,622           | 2922,131           | 3,468         | 0,00068748     | 4359,813              | 15909,431             |
| <b>ES (&gt;500m)</b> | -2949,292           | 2573,597           | -1,146        | 0,25366533     | -8035,317             | 2136,733              |
| <b>US (&gt;500m)</b> | -3223,649           | 2714,676           | -1,187        | 0,23694982     | -8588,478             | 2141,179              |
| <b>AV (&gt;500m)</b> | 6477,275            | 2789,585           | 2,322         | 0,02160887     | 964,408               | 11990,143             |
| <b>In TR</b>         | 6001,760            | 824,599            | 7,278         | 1,8808E-11     | 4372,161              | 7631,360              |



# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 11

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,973     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,947     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,936     |
| Erro padrão                     | 15104,861 |
| Observações                     | 159,000   |

|                       | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m²)               | 581,720             | 19,779             | 29,411        | 1,8498E-63     | 542,633               | 620,808               |
| <b>In AT</b>          | 10469,597           | 2539,123           | 4,123         | 6,2209E-05     | 5451,701              | 15487,494             |
| TC                    | 8541,623            | 3847,767           | 2,220         | 0,02795722     | 937,543               | 16145,703             |
| ID (anos)             | -836,787            | 192,925            | -4,337        | 2,6647E-05     | -1218,052             | -455,522              |
| <b>In DC</b>          | -49089,021          | 6542,028           | -7,504        | 5,4707E-12     | -62017,586            | -36160,456            |
| <b>OI (&gt;1000m)</b> | -7606,588           | 3717,758           | -2,046        | 0,04253728     | -14953,740            | -259,437              |
| AS                    | 8893,580            | 2621,462           | 3,393         | 0,00088975     | 3712,962              | 14074,198             |
| CE                    | 11103,065           | 2952,913           | 3,760         | 0,00024459     | 5267,425              | 16938,705             |
| <b>ES (&gt;500m)</b>  | -3237,716           | 2598,827           | -1,246        | 0,21480605     | -8373,602             | 1898,169              |
| <b>US (&gt;500m)</b>  | -3873,696           | 2760,119           | -1,403        | 0,1625909      | -9328,332             | 1580,940              |
| <b>AV (&gt;500m)</b>  | 6633,351            | 2817,890           | 2,354         | 0,01989512     | 1064,547              | 12202,155             |
| In TR                 | 6423,385            | 806,226            | 7,967         | 4,1082E-13     | 4830,096              | 8016,674              |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 12

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,973     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,947     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,936     |
| Erro padrão                     | 15133,009 |
| Observações                     | 159,000   |

|                       | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m²)               | 583,722             | 19,750             | 29,556        | 5,8129E-64     | 544,694               | 622,751               |
| <b>In AT</b>          | 9894,334            | 2501,438           | 3,955         | 0,00011809     | 4951,186              | 14837,482             |
| TC                    | 7712,590            | 3796,851           | 2,031         | 0,04401299     | 209,546               | 15215,633             |
| ID (anos)             | -843,483            | 193,210            | -4,366        | 2,3678E-05     | -1225,289             | -461,677              |
| <b>In DC</b>          | -48353,775          | 6527,496           | -7,408        | 9,0596E-12     | -61252,907            | -35454,642            |
| <b>OI (&gt;1000m)</b> | -7508,754           | 3723,855           | -2,016        | 0,04556788     | -14867,548            | -149,960              |
| AS                    | 8667,516            | 2620,048           | 3,308         | 0,00117914     | 3489,979              | 13845,053             |
| CE                    | 11388,513           | 2949,496           | 3,861         | 0,00016816     | 5559,946              | 17217,080             |
| <b>US (&gt;500m)</b>  | -3267,717           | 2721,986           | -1,200        | 0,23186705     | -8646,696             | 2111,262              |
| <b>AV (&gt;500m)</b>  | 7186,617            | 2787,862           | 2,578         | 0,0109189      | 1677,459              | 12695,774             |
| In TR                 | 6536,223            | 802,615            | 8,144         | 1,4635E-13     | 4950,157              | 8122,289              |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 13

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,973     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,946     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,936     |
| Erro padrão                     | 15154,263 |
| Observações                     | 159,000   |

|                       | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m <sup>2</sup> )  | 585,916             | 19,615             | 29,870        | 1,5166E-64     | 547,153               | 624,678               |
| <b>In AT</b>          | 10526,670           | 2547,101           | 4,133         | 5,9758E-05     | 5493,286              | 15560,054             |
| TC                    | 8475,097            | 3860,058           | 2,196         | 0,02967873     | 847,147               | 16103,046             |
| ID (anos)             | -833,526            | 193,542            | -4,307        | 3,0031E-05     | -1215,989             | -451,063              |
| <b>In DC</b>          | -50246,457          | 6511,063           | -7,717        | 1,6293E-12     | -63113,118            | -37379,797            |
| <b>OI (&gt;1000m)</b> | -7002,676           | 3704,849           | -1,890        | 0,06069462     | -14323,913            | 318,560               |
| AS                    | 8876,512            | 2630,008           | 3,375         | 0,00094245     | 3679,294              | 14073,731             |
| CE                    | 10576,888           | 2938,595           | 3,599         | 0,00043455     | 4769,864              | 16383,913             |
| <b>ES (&gt;500m)</b>  | -2594,965           | 2566,522           | -1,011        | 0,3136272      | -7666,728             | 2476,798              |
| <b>AV (&gt;500m)</b>  | 6723,843            | 2826,366           | 2,379         | 0,01863654     | 1138,597              | 12309,089             |
| <b>In TR</b>          | 6379,811            | 808,263            | 7,893         | 6,0587E-13     | 4782,585              | 7977,037              |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 14

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,973     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,947     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,937     |
| Erro padrão                     | 15077,004 |
| Observações                     | 159,000   |

|                       | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m <sup>2</sup> )  | 591,181             | 19,657             | 30,075        | 6,3688E-65     | 552,336               | 630,027               |
| <b>In AT</b>          | 7874,028            | 2835,275           | 2,777         | 0,00619339     | 2271,177              | 13476,880             |
| TC                    | 7069,069            | 3809,542           | 1,856         | 0,06549642     | -459,054              | 14597,192             |
| ID (anos)             | -854,340            | 192,690            | -4,434        | 1,7942E-05     | -1235,119             | -473,560              |
| <b>In DC</b>          | -51830,447          | 6599,582           | -7,854        | 7,5753E-13     | -64872,031            | -38788,863            |
| <b>OI (&gt;1000m)</b> | -7482,269           | 3698,301           | -2,023        | 0,04485647     | -14790,565            | -173,973              |
| AS                    | 8374,157            | 2617,829           | 3,199         | 0,00168775     | 3201,005              | 13547,308             |
| CE                    | 9809,264            | 2984,597           | 3,287         | 0,00126633     | 3911,333              | 15707,194             |
| <b>In ES</b>          | 3068,056            | 1919,990           | 1,598         | 0,11218596     | -726,080              | 6862,192              |
| <b>AV (&gt;500m)</b>  | 7138,175            | 2777,580           | 2,570         | 0,01115983     | 1649,336              | 12627,013             |
| <b>In TR</b>          | 6569,823            | 800,253            | 8,210         | 1,0037E-13     | 4988,424              | 8151,222              |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 15

| <i>Estatística de regressão</i> |           |
|---------------------------------|-----------|
| R múltiplo                      | 0,972     |
| R <sup>2</sup>                  | 0,945     |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,935     |
| Erro padrão                     | 15332,728 |
| Observações                     | 159,000   |

|                       | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| AC (m <sup>2</sup> )  | 592,736             | 20,010             | 29,622        | 4,3697E-64     | 553,194               | 632,278               |
| <b>In AT</b>          | 8532,794            | 2870,552           | 2,973         | 0,00344877     | 2860,232              | 14205,357             |
| TC                    | 8561,181            | 3831,293           | 2,235         | 0,02694588     | 990,076               | 16132,286             |
| ID (anos)             | -809,333            | 195,936            | -4,131        | 6,0273E-05     | -1196,525             | -422,140              |
| In DC                 | -48655,888          | 6711,353           | -7,250        | 2,15E-11       | -61918,345            | -35393,431            |
| <b>OI (&gt;1000m)</b> | -6931,682           | 3771,462           | -1,838        | 0,0680778      | -14384,554            | 521,190               |
| AS                    | 7437,133            | 2676,520           | 2,779         | 0,00616645     | 2148,000              | 12726,267             |
| CE                    | 11782,790           | 3057,810           | 3,853         | 0,00017312     | 5740,181              | 17825,399             |
| <b>In ES</b>          | 3728,291            | 1961,086           | 1,901         | 0,05922795     | -147,055              | 7603,638              |
| <b>AV (&gt;500m)</b>  | 7670,886            | 2819,192           | 2,721         | 0,00728999     | 2099,817              | 13241,955             |
| TR (anos)             | 46,417              | 5,979              | 7,764         | 1,2557E-12     | 34,602                | 58,232                |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 16

| <i>Estatística de regressão</i> |         |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo                      | 0,986   |
| R <sup>2</sup>                  | 0,972   |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,969   |
| Erro padrão                     | 0,115   |
| Observações                     | 159,000 |

|              | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|--------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção   | 6,456               | 0,269              | 23,976        | 5,8919E-52     | 5,924                 | 6,988                 |
| <b>In AC</b> | 0,965               | 0,026              | 36,551        | 1,9923E-74     | 0,913                 | 1,018                 |
| <b>In AT</b> | 0,079               | 0,028              | 2,840         | 0,00517369     | 0,024                 | 0,133                 |
| TC           | 0,165               | 0,031              | 5,404         | 2,6559E-07     | 0,105                 | 0,226                 |
| <b>In ID</b> | -0,067              | 0,014              | -4,877        | 2,8328E-06     | -0,094                | -0,040                |
| MU           | 0,057               | 0,039              | 1,450         | 0,14930115     | -0,021                | 0,134                 |
| <b>In DC</b> | -0,461              | 0,061              | -7,555        | 4,5554E-12     | -0,582                | -0,341                |
| <b>In OI</b> | 0,015               | 0,008              | 1,850         | 0,06639112     | -0,001                | 0,031                 |
| AS           | 0,175               | 0,030              | 5,871         | 2,896E-08      | 0,116                 | 0,234                 |
| AP           | 0,126               | 0,034              | 3,663         | 0,00035068     | 0,058                 | 0,194                 |
| CE           | 0,073               | 0,035              | 2,123         | 0,0354924      | 0,005                 | 0,142                 |
| <b>In ES</b> | -0,046              | 0,018              | -2,512        | 0,01311386     | -0,082                | -0,010                |
| <b>In CR</b> | 0,027               | 0,017              | 1,547         | 0,12404217     | -0,007                | 0,061                 |
| <b>In US</b> | -0,007              | 0,016              | -0,429        | 0,66854489     | -0,040                | 0,025                 |
| <b>In AV</b> | -0,013              | 0,013              | -0,983        | 0,327172       | -0,039                | 0,013                 |
| <b>In TR</b> | 0,075               | 0,007              | 11,092        | 5,14E-21       | 0,062                 | 0,088                 |

## RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 17

| <i>Estatística de regressão</i> |         |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo                      | 0,987   |
| R <sup>2</sup>                  | 0,973   |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,971   |
| Erro padrão                     | 0,112   |
| Observações                     | 159,000 |

|                       | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção            | 6,278               | 0,262              | 23,945        | 6,8424E-52     | 5,760                 | 6,796                 |
| <b>In AC</b>          | 0,968               | 0,026              | 37,786        | 2,6825E-76     | 0,917                 | 1,018                 |
| <b>In AT</b>          | 0,084               | 0,027              | 3,124         | 0,0021571      | 0,031                 | 0,137                 |
| TC                    | 0,159               | 0,029              | 5,398         | 2,7312E-07     | 0,101                 | 0,217                 |
| <b>In ID</b>          | -0,065              | 0,013              | -4,999        | 1,6583E-06     | -0,091                | -0,039                |
| MU                    | 0,064               | 0,037              | 1,706         | 0,09026959     | -0,010                | 0,138                 |
| <b>In DC</b>          | -0,431              | 0,060              | -7,192        | 3,2881E-11     | -0,550                | -0,313                |
| <b>In OI</b>          | 0,013               | 0,008              | 1,687         | 0,09376798     | -0,002                | 0,029                 |
| AS                    | 0,171               | 0,029              | 5,919         | 2,2982E-08     | 0,114                 | 0,229                 |
| AP                    | 0,117               | 0,033              | 3,506         | 0,00060904     | 0,051                 | 0,183                 |
| CE                    | 0,064               | 0,034              | 1,922         | 0,05665101     | -0,002                | 0,131                 |
| <b>In ES</b>          | -0,057              | 0,018              | -3,199        | 0,00169681     | -0,093                | -0,022                |
| <b>In CR</b>          | 0,027               | 0,017              | 1,637         | 0,10384666     | -0,006                | 0,061                 |
| <b>In US</b>          | -0,009              | 0,016              | -0,587        | 0,55823018     | -0,041                | 0,022                 |
| <b>AV (&gt;1000m)</b> | 0,089               | 0,030              | 3,013         | 0,00305943     | 0,031                 | 0,148                 |
| <b>In TR</b>          | 0,078               | 0,007              | 11,828        | 6,1292E-23     | 0,065                 | 0,091                 |

## RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 18

| <i>Estatística de regressão</i> |         |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo                      | 0,986   |
| R <sup>2</sup>                  | 0,973   |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,970   |
| Erro padrão                     | 0,112   |
| Observações                     | 159,000 |

|                       | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção            | 6,359               | 0,230              | 27,657        | 1,0705E-59     | 5,905                 | 6,813                 |
| <b>In AC</b>          | 0,964               | 0,025              | 38,493        | 5,2512E-78     | 0,914                 | 1,013                 |
| <b>In AT</b>          | 0,094               | 0,026              | 3,570         | 0,00048513     | 0,042                 | 0,145                 |
| TC                    | 0,166               | 0,029              | 5,689         | 6,8137E-08     | 0,108                 | 0,224                 |
| <b>In ID</b>          | -0,062              | 0,013              | -4,829        | 3,4463E-06     | -0,087                | -0,037                |
| <b>MU</b>             | 0,054               | 0,037              | 1,471         | 0,14346356     | -0,019                | 0,128                 |
| <b>In DC</b>          | -0,452              | 0,058              | -7,829        | 9,4842E-13     | -0,566                | -0,338                |
| <b>In OI</b>          | 0,013               | 0,008              | 1,597         | 0,11245397     | -0,003                | 0,028                 |
| AS                    | 0,170               | 0,029              | 5,877         | 2,752E-08      | 0,113                 | 0,227                 |
| AP                    | 0,121               | 0,033              | 3,606         | 0,00042703     | 0,054                 | 0,187                 |
| CE                    | 0,058               | 0,033              | 1,760         | 0,0805568      | -0,007                | 0,123                 |
| <b>In ES</b>          | -0,052              | 0,018              | -2,959        | 0,00360326     | -0,087                | -0,017                |
| <b>AV (&gt;1000m)</b> | 0,089               | 0,030              | 3,011         | 0,00307125     | 0,031                 | 0,148                 |
| <b>In TR</b>          | 0,078               | 0,007              | 11,921        | 2,8966E-23     | 0,065                 | 0,091                 |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 19

| <i>Estatística de regressão</i> |         |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo                      | 0,986   |
| R <sup>2</sup>                  | 0,973   |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,970   |
| Erro padrão                     | 0,112   |
| Observações                     | 159,000 |

|                       | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção            | 6,431               | 0,225              | 28,523        | 1,4481E-61     | 5,986                 | 6,877                 |
| <b>In AC</b>          | 0,967               | 0,025              | 38,643        | 1,4702E-78     | 0,918                 | 1,017                 |
| <b>In AT</b>          | 0,089               | 0,026              | 3,404         | 0,00085875     | 0,037                 | 0,141                 |
| TC                    | 0,167               | 0,029              | 5,690         | 6,7355E-08     | 0,109                 | 0,225                 |
| <b>In ID</b>          | -0,061              | 0,013              | -4,773        | 4,3701E-06     | -0,087                | -0,036                |
| <b>In DC</b>          | -0,478              | 0,055              | -8,643        | 8,902E-15      | -0,587                | -0,369                |
| <b>In OI</b>          | 0,012               | 0,008              | 1,553         | 0,12251262     | -0,003                | 0,028                 |
| AS                    | 0,174               | 0,029              | 6,028         | 1,2961E-08     | 0,117                 | 0,231                 |
| AP                    | 0,140               | 0,031              | 4,524         | 1,2486E-05     | 0,079                 | 0,201                 |
| CE                    | 0,081               | 0,029              | 2,783         | 0,00610654     | 0,023                 | 0,138                 |
| In ES                 | -0,052              | 0,018              | -2,931        | 0,00392089     | -0,087                | -0,017                |
| <b>AV (&gt;1000m)</b> | 0,089               | 0,030              | 3,003         | 0,00314972     | 0,031                 | 0,148                 |
| <b>In TR</b>          | 0,078               | 0,007              | 11,885        | 3,2739E-23     | 0,065                 | 0,092                 |

# RESUMO DOS RESULTADOS - EXEMPLO Nº 20

| <i>Estatística de regressão</i> |         |
|---------------------------------|---------|
| R múltiplo                      | 0,986   |
| R <sup>2</sup>                  | 0,972   |
| R <sup>2</sup> ajustado         | 0,970   |
| Erro padrão                     | 0,113   |
| Observações                     | 159,000 |

|                       | <i>Coeficientes</i> | <i>Erro padrão</i> | <i>Stat t</i> | <i>valor-P</i> | <i>95% inferiores</i> | <i>95% superiores</i> |
|-----------------------|---------------------|--------------------|---------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| Interseção            | 6,461               | 0,226              | 28,622        | 5,5841E-62     | 6,015                 | 6,907                 |
| <b>In AC</b>          | 0,972               | 0,025              | 39,000        | 2,0119E-79     | 0,923                 | 1,022                 |
| <b>In AT</b>          | 0,098               | 0,026              | 3,808         | 0,00020493     | 0,047                 | 0,148                 |
| TC                    | 0,174               | 0,029              | 5,964         | 1,7517E-08     | 0,116                 | 0,231                 |
| <b>In ID</b>          | -0,060              | 0,013              | -4,644        | 7,5206E-06     | -0,085                | -0,034                |
| <b>In DC</b>          | -0,496              | 0,054              | -9,122        | 5,2025E-16     | -0,603                | -0,388                |
| AS                    | 0,177               | 0,029              | 6,129         | 7,7349E-09     | 0,120                 | 0,235                 |
| AP                    | 0,146               | 0,031              | 4,741         | 4,9857E-06     | 0,085                 | 0,207                 |
| CE                    | 0,080               | 0,029              | 2,735         | 0,00700835     | 0,022                 | 0,138                 |
| <b>In ES</b>          | -0,058              | 0,017              | -3,346        | 0,00104255     | -0,092                | -0,024                |
| <b>AV (&gt;1000m)</b> | 0,093               | 0,030              | 3,113         | 0,00222362     | 0,034                 | 0,152                 |
| <b>In TR</b>          | 0,082               | 0,006              | 13,498        | 1,6148E-27     | 0,070                 | 0,095                 |